CBPF

História da física

Artigos, ensaios e resenhas

Cássio Leite Vieira

História da Física

Artigos, ensaios e resenhas

História da Física

Artigos, ensaios e resenhas

Cássio Leite Vieira

Instituto Ciência Hoje (RJ)

1ª edição

Rio de Janeiro, 2015

Para Alicia, João e Elvira.

E para os alunos do CBPF,
na esperança de que esta
coletânea despretensiosa
desperte neles o apreço
pela história da física.

INTRODUÇÃO

Os textos desta coletânea são reportagens, breves entrevistas, ensaios e resenhas. Todos em linguagem simples; portanto, para o grande público – o que não exclui pesquisadores, dada a compartimentalização do conhecimento na atualidade. Podem ser divididos em duas categorias (história da física e história da física no Brasil) e não estão apresentados em ordem cronológica da publicação.

Alguns dos textos foram escritos em coautoria com o Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira, do Departamento de Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), amigo e colaborador de longa data.

As versões aqui reunidas são, em geral, as 'brutas', ou seja, as enviadas para editores das publicações, os quais, não raramente, as encurtaram e, na maioria das vezes, as aprimoraram. Portanto, o conteúdo aqui apresentado é de minha inteira responsabilidade. Alguns títulos foram alterados; informações, acrescentadas; erros e desatualizações, corrigidos.

Os textos podem ser lidos de forma aleatória. Porém, o preço dessa autossuficiência é haver irremediavelmente trechos e temas sobrepostos. De antemão, peço a paciência do(a) leitor(a).

Se julgado como leitura instrutiva e agradável, este livro terá cumprindo seu papel; se servir para despertar nos graduandos e pós-graduandos em física o interesse pela história dessa disciplina, dará satisfação extra a este autor.

Agradeço aos veículos que me deram autorização para reproduzir os textos aqui reunidos. Entre eles, *Ciência Hoje*, *Folha de S. Paulo*, *Scientific American Brasil*, *piauí*, *Revista de História da Biblioteca Nacional, Ciência e Sociedade* (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), *Revista Pittacos, Caderno Brasileiro de Ensino de Física* e *Jornal da Semana de C&T*.

Deixo também registrado meu agradecimento ao Prof. Dr. Ivan dos Santos Oliveira Júnior, do CBPF, cuja iniciativa permitiu não só a publicação (em formato eletrônico) desta coletânea, mas também a distribuição gratuita dela aos participantes da Escola do CBPF 2015.

C.L.V.
Rio de Janeiro (RJ), julho de 2015

SUMÁRIO

MUNDO

BRASIL

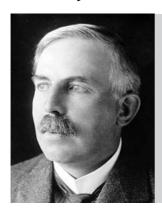
RESENHAS

MUNDO

[Versões deste texto foram publicadas em *Ilustríssima*, da *Folha de S. Paulo* (13/03/11), e *Ciência e Sociedade*, março de 2011]

O centro de todas as coisas
Um século da descoberta do núcleo atômico

No obituário que o *New York Times* publicou em 20 de outubro de 1937, lia-se que poucos humanos atingiram, em vida, a imortalidade – e, muito menos, o Olimpo. O destinatário de tão eloquente elogio – morto no dia anterior – foi um explorador do infinitamente diminuto e complexo núcleo do átomo, universo que ele foi o primeiro a penetrar.

As palavras refletem a extensão da fama do físico neozelandês Ernest Rutherford, cuja biografia lembra a de heróis de contos infantis em que garotos pobres, da periferia, tornam-se nobres e admirados por seus feitos e seu caráter.

Ernest Rutherford
Crédito: Wikimedia Commons

A obra científica de Rutherford impressiona. Mas ele será sempre lembrado como aquele que escavou o átomo a fundo e, de lá, trouxe ao mundo o 'coração' da matéria, o caroço duro e diminuto que ele batizou núcleo atômico.

O percurso até aí, porém, foi longo e árduo.

Para entender Rutherford e suas descobertas sobre a radioatividade, a estrutura dos átomos e a transmutação dos elementos, é preciso descrever, ainda que brevemente, a física do final do século 19, da qual ele é fruto. Nas palavras do historiador da ciência Erwin Hiebert, em um capítulo de *Rutherford and the physics at the turn of century* (Rutherford e a física na virada do século; Dawson and Science History Publications, 1979), esse cenário era marcado: i) por uma crescente percepção de uma unidade das ciências físicas; ii) pela urgência em abarcar os fenômenos do muito grande e do muito pequeno em uma só visão do mundo; iii) por uma nova atitude (mais ousada) em relação à especulação científica; iv) pela ênfase nas colaborações científicas.

Para Hiebert, os físicos estavam prontos para (se preciso) construir um mundo radicalmente novo para englobar os novos (e aparentemente não relacionados) fenômenos: elétrons, raios X e radioatividade. Esta última – radiação cuspida espontaneamente pelos átomos – era um constrangimento para a física e a química do século 19, que não podiam explicá-la.

Rutherford, depois de um flerte rápido com as ondas de rádio, descobertas em 1887, passou a estudar a radioatividade, que, então, reunia os elementos básicos para uma (próspera) carreira científica: intrigante, fascinante, promissora e (principalmente) ininteligível. Mais: e com pouquíssima bibliografia – como justificou, mais tarde, a física polonesa Marie Curie (1867-1934), ao escolher o tema para seu doutorado naquele final de século.

Esforço e sorte

Nascido em 30 agosto de 1871, em Spring Grove (hoje, Brighwater), área rural ao sul de Nélson (Nova Zelândia), Rutherford cresceu em família pobre, com pai mecânico e agricultor, e mãe

professora primária. Era o quarto de 12 filhos. Foi nesse ambiente que, segundo o historiador da ciência Lawrence Badash, em "Rutherford (1871-1937)" (Dicionário de Biografias Científicas, Contraponto, 2007), forjaram-se os princípios que levariam o jovem Ernest da periferia do império britânico ao posto de cientista mais famoso do início do século passado: simplicidade, retidão, economia, energia, entusiasmo e respeito à educação – sempre leu muito ao longo da vida.

Biografias de Rutherford – por exemplo, Arthur Eve, em *Rutherford – Being the Life and Letters of the Rt Hon. Lord Rutherford, OM.* (Rutherford – sobre a vida e as cartas do muito honorável Lorde Rutherford, O[rdem do] M[érito]; Cambridge University Press, 1939) – costumam extrapolar para sua juventude o talento de sua maturidade. Porém, pesquisas minuciosas feitas pelo físico e biógrafo John Campbell, em *Rutherford Scientist Supreme* (Rutherford, cientista supremo; AAS Publications, 1999), mostraram que o estudante – talentoso em matemática e física – estava mais para esforçado e iluminado pela sorte do que para 'gênio'. Suas oportunidades acadêmicas se concretizaram porque os primeiros colocados acabavam, por algum motivo, não aceitando as bolsas de estudo.

Foi uma dessas bolsas que levou Rutherford, em 1895, ao Laboratório Cavendish, em Cambridge (Inglaterra), referência mundial em física experimental. Em fevereiro do ano seguinte, ele finalizou um detector que podia captar ondas eletromagnéticas a até 800 m – feito tecnológico semelhante a do telégrafo sem fio. Começava, assim, a manifestar, em continente europeu, sua grande capacidade de imaginar, projetar e construir artefatos, algo incutido nele ainda na infância, ao observar essas habilidades no pai – ainda criança, desmontava relógios para construir moinhos d'água, por exemplo.

Rutherford tentou patentear seu detector – talvez, buscando fama e fortuna, segundo John Heilbron, em *Rutherford and the explosion of atoms* (Rutherford e a explosão dos átomos; Oxford University Press, 2003) –, mas seus ganhos impossibilitavam essa

despesa extra: sua bolsa mal o sustentava, atirando-o no limite entre a pobreza e a miséria. Assim, o desenvolvimento do telégrafo sem fio ficaria a cargo do italiano Guglielmo Marconi (1874-1937), que levaria o Nobel de Física de 1909 pela invenção.

O detector e outras habilidades experimentais de Rutherford impressionaram seu chefe no Cavendish, Joseph John Thomson (1856-1940), que, em 1897, descobriria a primeira partícula subatômica, o elétron – fazendo da palavra átomo (a = não; tomo = divisível, em grego) uma contradição semântica. Explica-se. Até então, pelos últimos 2,5 mil anos, vários modelos de átomos haviam sido idealizados, mas essas entidades diminutas sempre haviam permanecido obedientes aos ditames do filósofo grego Leucipo (c. 500-450 a.C), pai do atomismo: "Toda a realidade consiste em partículas duras e indivisíveis, movendo-se e colidindo no espaço vazio". Raros foram os cientistas ou pensadores que, até a época de Thomson, arriscaram teorizar sobre um átomo com estrutura interna.

Ao Canadá

Rutherford também desistiu de Cambridge – para ele, um ambiente esnobe. Percebeu que alguém da periferia – ele foi, no Cavendish, um dos primeiros estudantes de pesquisa não formados em Cambridge – teria poucas chances de promoção por lá. A saída foi aceitar, em 1898, uma vaga na Universidade McGill (Canadá), cujo laboratório de física era um dos mais bem equipados do mundo, graças ao patronato de um dono de uma fábrica de tabaco que desprezava o hábito de fumar. Ganhou o emprego indicado por Thomson, que o classificou como o melhor aluno que já tivera. Os resultados que Rutherford obteria naquele laboratório colocariam a física canadense no mapa-múndi da ciência.

Com o auxílio do competente químico inglês Frederick Soddy (1877-1956), Rutherford passou a trabalhar intensamente. Agora, seu objetivo era publicar muito (e bons resultados), para um dia voltar à Inglaterra, onde poderia não só fazer física de primeira, mas também (e mais importante) estar ao lado de quem a fazia.

A ambição profissional sempre foi traço marcante de sua personalidade. De Montreal, escreveu para sua futura mulher, Mary Georgina Newton (1876-1945), com quem se casaria, em 28 de junho de 1900, em Christchurch (Nova Zelândia): "Quero trabalhar bastante e formar uma escola de pesquisa, para ofuscar todo o brilho dos Ianques!" Décadas mais tarde, o ex-físico e escritor inglês C. P. Snow (1905-1980), autor do clássico *As duas culturas*, caracterizou-o como "exuberante, extrovertido e nada perceptivelmente modesto".

Em pouco tempo, a dupla Rutherford e Soddy apresentou resultados surpreendentes sobre a radioatividade. Um deles: a emissão de radiação fazia com que um elemento químico se transformasse em outro. Ganhou o nome de transmutação nuclear, teoria que derrubava outra propriedade atribuída ao átomo ainda na Antiguidade: a indestrutibilidade.

A transformação cheirava a alquimia – na época, já morta e enterrada –, e Rutherford foi cuidadoso em buscar apoio de químicos renomados, como o britânico sir William Crookes (1832-1919), para a ideia. Com base nessa teoria, calculou a idade de rochas em bilhões de anos, desmontando assim argumentos geológicos, biológicos e religiosos sobre a idade da Terra.

Esses e outros resultados (por exemplo, a descoberta do gás radônio) lapidaram a imagem científica e pública de Rutherford – que se tornou o 'Sr. Radioatividade'–, reforçada pela publicação, em 1904, de seu livro *Radio-Activity*, clássico da área. No início do século, sua fama ultrapassava a de Henri Becquerel (1852-1908), o descobridor da radioatividade, e do casal Pierre (1859-1906) e Marie Curie, que haviam descoberto dois novos elementos radioativos, o polônio e o rádio. Esse trio recebeu o Nobel de Física em 1903.

Inicialmente, Rutherford tinha o trio como competidores. Mais tarde, desentendeu-se (polida e cientificamente) com Becquerel. Com os Curie manteve amizade; e com Marie, admiração mútua longo da vida.

Os resultados no Canadá renderam a Rutherford o Nobel de Química de 1908.

Química?

Sim, porque o assunto radioatividade, para o comitê do prêmio, pertencia a essa área. Rutherford resumiu seu espanto assim: "Lidei com várias e diferentes transformações em diversos períodos, mas a mais rápida com que me defrontei foi a minha própria transformação de físico em químico". Embutida na frase, há seu preconceito em relação à química – para ele, ciência "malcheirosa". Por sinal, Rutherford classificava todos os outros ramos das ciências naturais como "coleção de selos".

Rumo ao núcleo

O esforço e a perseverança de Rutherford se evidenciaram naquele ano e meio em que ele se debruçou sobre os resultados obtidos pelo físico neozelandês Ernest Marsden (1889-1970) entre 1909 e 1910. A ideia do experimento – baseado no bombardeio de uma folha finíssima de ouro com partículas alfa (núcleos de hélio) – havia nascido de observação (desconfiada) feita por Rutherford de um experimento anterior no qual um feixe semelhante de partículas, depois de atravessar uma folha fina de mica, formava, em um anteparo, uma mancha difusa, um borrão.

A intuição demandava – com base no que se concebia ser o átomo e as partículas alfa (estas últimas, para Rutherford, 'gigantescas' como os átomos) –, que o feixe não sofresse esses desvios. Ou seja, não deveria haver o borrão.

Esse mistério permaneceu com Rutherford até que ele e seu assistente, o físico alemão Hans Geiger (1882-1945), resolveram atacar a questão na Universidade de Manchester (Inglaterra), para onde Rutherford havia se transferido, ocupando a vaga deixada especialmente para ele pelo físico anglo-alemão Arthur Schuster (1851-1934). Para a tarefa investigativa, designaram Marsden, aos tenros 20 anos de idade.

A engenhosidade – lançar partículas contra um alvo – foi tamanha que o experimento é base até hoje para perscrutar o interior do átomo. As partículas alfa (formadas por dois nêutrons e

dois prótons) vinham de uma fonte radioativa e, transformadas em feixe, eram lançadas contra a folha finíssima de ouro (0,00006 cm), que estava circundada por uma tela cintilante.

Em sua esmagadora maioria, as partículas alfa, viajando com velocidade comparável à de uma bala de fuzil, atravessavam a folha de ouro, sem praticamente se desviar da trajetória original. Algumas sofriam desvios maiores, atingindo a tela em pontos diversos, que brilhavam com a colisão.

Mas – e aí está o que Rutherford macerou mentalmente por um ano e meio – uma em cada 20 mil partículas, em média, ricocheteava de volta em direção à fonte emissora.

Os cálculos finais de Rutherford com base naqueles resultados experimentais sugerem uma caligrafia trêmula – talvez, reação àquilo que ele começava a entender: toda a massa atômica estava concentrada em um caroço central, responsável por desviar ou mesmo rebater de volta as partículas alfa. O átomo, portanto, era um grande vazio. Resumiu seu espanto ao dizer que era como se canhões de grosso calibre atirassem contra uma folha de papel, e os projéteis voltassem em sua direção.

O núcleo era diminuto (cerca de 0,0000000000001 cm), aproximadamente 10 mil vezes menor que o diâmetro atômico. Se o átomo tivesse o diâmetro do estádio do Maracanã, o núcleo seria mais ou menos do tamanho da cabeça de um alfinete, no centro do gramado. Se juntássemos todos os núcleos atômicos do corpo humano, o conjunto não seria maior que um grão de areia.

O modelo atômico nuclear de Rutherford desbancou aquele idealizado por Lorde Kelvin (1824-1907) e aperfeiçoado por Thomson, o chamado 'pudim de passas', no qual os elétrons seriam 'passas' incrustadas em uma 'massa' de carga elétrica positiva. Esse tipo de átomo, pela disposição de seus elementos, não explicava por que as partículas alfa batiam contra a folha de ouro e voltavam.

O modelo de Rutherford não recebeu muita atenção, mas deu início à viagem da ciência rumo ao centro da matéria. E, de certa forma, confirmou as ideias de 1903 do físico japonês Hantaro

Nagaoka (1865-1950) – por sinal, citado por Rutherford –, cujo átomo tinha um núcleo gigante, rodeado por elétrons, lembrando os anéis de Saturno.

O alquimista

Em 1919, Rutherford publicou os resultados que o tornariam o primeiro alquimista da história – feito tão impressionante quanto o do núcleo atômico. No experimento, bombardeou átomos de nitrogênio com partículas alfa, produzindo oxigênio e, de quebra, o próton, partícula de carga positiva de cuja existência ele já desconfiava desde o núcleo atômico.

A transmutação de nitrogênio em oxigênio foi seguida, no entanto, de queda significativa de resultados importantes no Laboratório Cavendish, que, desde 1919, estava sob a liderança de Rutherford – herdou-a de Thomson.

Nessa altura, Rutherford – que não tinha a física teórica em grande estima – percebeu que precisaria de ajuda para projetar experimentos na área da teoria quântica, que lida com os fenômenos do mundo atômico e subatômico e que ganhou grande impulso na década de 1920. Contratou Ralph Fowler (1889-1944), que, em 1921, casou-se com sua única filha, Eileen Mary Rutherford (1901-1930).

A essa altura, vale perguntar: se tanto fez Rutherford, então por que não recebeu um segundo Nobel?

A hipótese mais provável é a de Campbell: o comitê estava certo de que mais um prêmio nada acrescentaria à já ampla fama do físico.

Historiadores da ciência veem em Rutherford as origens da *Big Science*, o tipo de ciência (principalmente física) feito depois da Segunda Guerra, com enormes volumes de dinheiro, grande quantidade de pesquisadores, laboratórios nacionais e temas, por vezes, ligados a questões militares. Badash (1934-2010), em capítulo de *Rutherford and physics at the turn of the century*, enxerga os seguintes elementos pioneiros em Rutherford: formação de equipes de pesquisa e de laboratórios com numerosos integrantes; no gran-

de fluxo de publicações; na internacionalização dos resultados; nos esforços de especialização; nos meios de disseminação da informação; e na competição – cada um desses itens é moeda corrente na ciência atual.

A tese de Badash – apesar de bem argumentada – causa espanto para aquele que conheceu o Cavendish nos tempos heroicos, em que para um aluno, em busca de um cano de aço para um experimento, era dada uma serra e uma bicicleta velha, da qual ele devia extrair o que desejava. Era a física experimental no seu modo mais romântico, com experimentos feitos num prédio úmido, empoeirado, cheio de fios e equipamentos que se distribuíam sem a menor ordem aparente, empestados pela fumaça dos charutos do chefe, que fazia, para o temor dos estudantes, a ronda diária. Época de físicos com mãos e roupas sujas de graxa.

Nêutron

A indiferença de Rutherford em relação à mecânica quântica – cuja matemática ia muito além de seus conhecimentos – só foi amenizada com a volta dos grandes resultados do Cavendish. Em 1932, James Chadwick (1891-1974) descobriu o nêutron, partícula sem carga elétrica, companheira do próton no núcleo atômico. Pouco antes (e de modo impressionante), esbarraram nesse resultado Fédéric Joliot (1900-1958) e Irène Curie (1897-1956) – filha de Pierre e Marie Curie. O casal levaria o Nobel de Química de 1935 pela obtenção dos primeiros elementos químicos radioativos artificiais.

Chadwick percebeu que aquela partícula, cuspida depois que átomos de berílio eram bombardeados com partículas alfa, não era um raio gama – como teorizaram Frédéric e Irène –, mas algo que seu chefe, Rutherford, já havia proposto em 1920: o nêutron.

Agora, o modelo atômico parecia se completar: prótons, nêutrons e elétrons. Mas a descoberta ou a proposição de novas partículas subatômicas (pósitron, múon, píon) na década de 1930 viriam embaralhar o cardápio dos constituintes básicos da matéria, justamente em uma época em que havia muita resistência à

aceitação de novos membros nesse clube, cujas portas os físicos sonhavam em fechar.

Foi uma época da qual Rutherford desfrutou pouco, assoberbado por palestras, compromissos, cargos e tarefas burocráticas.

Aos pés de Newton

Aquele neozelandês de olhos claros, voz grave e tenebrosa, que metia medo em seus alunos, exigente e com pouca paciência para experimentos que tardavam a dar resultados foi, no entanto, respeitado e admirado. Sua humildade foi reconhecida: não pôs seu nome em artigos importantes, mesmo que a ideia do experimento tenha partido dele. Não pleiteava nem dinheiro, nem equipamento além do que realmente precisava.

Passou por momentos difíceis. O pior foi a morte de sua filha no parto do quarto neto dele. Lutou pela paz mundial – pediu que aviões não fossem usados em guerra –, participou do esforço de guerra para deter o avanço nazista, lutou pela liberdade de imprensa e defendeu o direito das mulheres na ciência – sua sogra foi pioneira do movimento pelo voto feminino na Nova Zelândia –, concedendo bolsas e oportunidades para físicas.

Diferentemente do improdutivo Nobel de Física Michael Beard, protagonista de *Solar*, de Ian McEwan (Companhia das Letras, 2010), Rutherford seguiu impressionando o mundo científico depois do prêmio de 1908. Além disso, dirigiu o Cavendish de grandes feitos na década de 1930, como a descoberta do nêutron e a primeira comprovação experimental da fórmula mais famosa da ciência, $E = mc^2$, proposta em 1905 pelo físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955). Até 1930, praticamente tudo que havia sido feito sobre a estrutura nuclear havia vindo de Rutherford, escreveu o historiador da física Daniel Kevles (*Physics Today* v. 10, pp. 175-181, April 1972). O problema do modelo atômico nuclear (instabilidade, segundo as regras da física clássica) foi corrigido com base na teoria quântica, em 1913, por um de seus ex-alunos em Manchester, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962).

Tornou-se sir (1914) e 1º Barão Rutherford de Nélson (1931). Em seu brasão, escolheu homenagear seu país natal, com símbolos da Nova Zelândia (um pássaro kiwi e um guerreiro maori). Suas pesquisas em radioatividade e física nuclear hoje levam conforto e saúde a boa parte da população, por meio de usinas nucleares e equipamentos de diagnóstico e tratamento para o câncer, para citar apenas dois casos emblemáticos.

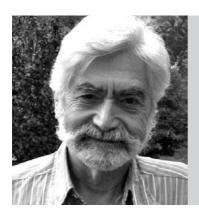
Os restos de Rutherford – morto em 19 de outubro de 1937, aos 66 anos de idade, em Cambridge, por postergar a cirurgia de sua hérnia umbilical em função dos compromissos – estão aos pés do magnífico altar de Isaac Newton (1642-1727), na Abadia de Westminster, em Londres. Assim, aquele que quiser chegar a Newton, para observar o passado, deverá necessariamente passar por Rutherford.

Muito justo.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Ilustríssima*, da *Folha de S. Paulo* (28/12/14)]

ASES INDOMÁVEIS

50 anos da proposição dos constituintes dos prótons e nêutrons

Em 14 de dezembro de 1900, o físico alemão Max Planck (1858-1947) propôs que, na natureza, a energia era gerada e absorvida na forma de minúsculos pacotes (hoje, chamados *quanta*). Foi um "ato de desespero" (palavras dele) para resolver um problema em aberto à época: como os corpos aquecidos emitem luz e calor. Para ele, no entanto, os *quanta* eram só um artifício matemático, sem realidade física. Cinco anos depois, Albert Einstein (1879-1955), então técnico do Escritório de Patentes da Suíça, aceitaria a realidade física dos *quanta* e, com base neles, proporia sua ideia

George Zweig

Crédito: cortesia George Zweig / arquivo pessoal

mais revolucionária: a luz é composta de partículas (hoje, denominadas fótons). Há exatos 50 anos, embate semelhante (real *versus* irreal) marcaria a história de um pesquisador estabelecido e a de um jovem físico. As ideias de ambos permitiram entender do que prótons e nêutrons são feitos.

Em abril de 1963, aos 27 anos de idade, o doutorando George Zweig passou os olhos em um dos muitos artigos sobre física de partículas publicados à época. Entre o emaranhado de números, símbolos e gráficos, algo laçou sua atenção: a ausência do modo como certa partícula se transformava (ou decaía, no jargão científico) em duas outras. Razão da estranheza: a teoria previa que tal transformação deveria ser a dominante na transformação daquela partícula.

Nem mesmo os autores do experimento (P. L. Connolly e colegas) deram muita atenção ao fato. Alegaram que tal ausência se devia aos erros costumeiros de um experimento daquele tipo, envolvendo aceleradores de partículas e eletrônica sofisticada, típica da chamada física de altas energias. Zweig, porém, cravou aquela anomalia na memória.

Por que um jovem teórico conseguiu enxergar o que outros mais experientes não viram? Parte da resposta: sua primeira tentativa de doutorado – com a qual se frustou – havia sido em física experimental. Mas explicação mais palatável talvez seja o fato de que, desde o final da década de 1940, já se especulava que partículas consideradas elementares (indivisíveis) poderiam ser compostas por entidades menores. Esse era o caso, por exemplo, do méson pi, cuja descoberta, em 1947 e no ano seguinte, contou com papel essencial do físico brasileiro César Lattes (1924-2005). O físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) e o chinês Chen-Ning Yang levantaram essa hipótese no periódico *Physical Review* (v. 76, p. 1739, 1949).

Além dessa possível divisibilidade, o início da década de 1960 foi marcado por uma enxurrada de novas partículas. E isso trouxe confusão ao mundo dos físicos. Anos antes, o físico norte-americano Willis Lamb (1913-2008) já demonstrava preocupação com esse excesso de constituintes. Em seu discurso de Nobel (1955), pronun-

ciou uma das passagens mais saborosas da história da premiação. "O descobridor de uma nova partícula elementar costumava ser recompensado com um prêmio Nobel, mas tal descoberta hoje deveria ser punida com uma multa de 10 mil dólares".

As palavras de Lamb têm razão de ser: até o final da Segunda Guerra, havia grande resistência por parte dos físicos em aceitar novos itens ao cardápio subatômico. Havia, então, o elétron (descoberto em 1897), fóton (1905), próton (1919), nêutron (1932), além de dois componentes bizarros: o pósitron (1932), antimatéria do elétron, e o ainda hoje estranhíssimo múon (1937), primo pesado do elétron.

Com novas partículas pululando às dezenas dos aceleradores, surgiu, naquele início da década de 1960, quase uma obrigação em tentar enxergar alguma ordem naquele zoo de fragmentos, na esperança de encontrar similaridades entre seus novos e velhos membros. E, com base nessas semelhanças, classificá-los em grupos.

Buda *versus* David

A mais famosa classificação à época foi o chamado *Eightfold Way*, tipo de tabela periódica cujo nome vem das oito práticas (compreensão, pensamento, fala etc.) pregadas pelo budismo.

O *Eightfold Way* pôs ordem na casa e, como sua similar do século 19, pôde fazer previsões. A mais famosa delas foi a ômega menos. Descoberta em 1964, essa partícula deu impulso às ideias ali propostas, de forma independente, pelos dois idealizadores dessa classificação, o físico norte-americano Murray Gell-Mann (Nobel 1969) e o físico israelense Yuval Ne'eman (1925-2006), ex-combatente na guerra de independência de Israel (1948).

A referência ao número oito vem do fato de as partículas formarem – por um motivo então desconhecido – grupos de oito, segundo certas propriedades. O físico John Gribbin, em *Q is for* quantum (Q é para quantum; Weidenfeld & Nicolson, 1998), conta que Ne'eman, com base em ideias ainda prematuras, alimentou a esperança de ver aquelas partículas reunidas em grupos de seis, para que pudessem ser representadas pictoricamente pela estrela de David.

Gell-Mann havia sido a primeira opção de Zweig como orientador de sua segunda tentativa de doutorado – agora, em física teórica. Gell-Mann, porém, passaria uns tempos fora do Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), mas havia deixado boas recomendações de Zweig para Richard Feynman (1918-1988) – pouco depois, Nobel de Física (1965). "Se Murray diz que você é ok, então você deve ser ok", foi como Feynman disse 'sim'.

Foi nesse momento que a atenção de Zweig foi capturada pela tal anomalia. Tentou discutir com seu novo orientador as implicações dela, mas Feynman não deu muita atenção – alegou que experimentos podiam estar errados –, despejando no aluno certa arrogância, pela qual, anos depois, se desculparia.

Anomalia na cabeça

Em 1963, recém-doutor, Zweig embarcou para um período de um ano de pesquisa no Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN), na fronteira entre a França e a Suíça, casa do acelerador mais potente do planeta, o LHC.

Lá, na tranquilidade de um chalé, rodeado de um pasto verde com vacas, ideias sobre a tal anomalia, bem como sobre similaridades entre partículas, começaram a se avolumar. Mas o *insight* veio de um artigo de 1957 escrito pelo japonês Soichi Sakata (1911-1970). Nele, esse físico teórico – conhecido por ser adepto do materialismo dialético – propunha que boa parte das partículas então conhecidas era constituída por três 'tijolos' básicos: próton, nêutron e a então recém-descoberta partícula lambda.

Sakata estava equivocado, e havia pontos obscuros em seu modelo. Porém, para Zweig, estava ali a semente para responder à pergunta basal: por que certas partículas podiam ser reunidas em grupos? Mais importante: por que ocorria a tal anomalia?

Zweig havia agora proposto uma reposta: prótons e nêutrons, bem como tantas outras partículas, seriam formados por 'blocos' ainda menores, que ele denominou *aces* (como ases, do baralho).

No modelo de Zweig, prótons e nêutrons, por exemplo, são formados por três *aces*. Outras partículas, como o méson pi

(ou píon), teriam dois *aces*. Aquelas com três *aces* são chamadas bárions; com dois *aces*, mésons. Em tempo: Zweig ousou criar um quarto ace, para o qual não deu nome. Hoje, ele é denominado *charm*. Portanto, quatro *aces*, como os quatro ases do baralho.

"Como uma criança, eu estava brincando novamente, mas agora com ideias e não blocos. Como na minha infância, foi uma época maravilhosa", disse Zweig em entrevista à *Folha*. E qual a influência do *Eightfold Way* para a construção do modelo de aces? "Foi incidental. Fui realmente influenciado pelo modelo de Sakata", respondeu.

O modelo de *aces* vinha com um bônus: explicava a anomalia que havia chamado a atenção de Zweig. A tal partícula (phi) não se transformava em duas outras (pi e rô), porque os *aces* que a formavam eram diferentes daqueles presentes em seu subproduto. Portanto, a reação (phi → pi + rô) era proibida.

Tudo se encaixava com elegância – critério importante para um modelo. Mas Zweig conta que, dada a crueza do modelo, "era um milagre" que os *aces* explicassem tão bem a classificação e as propriedades dos bárions e mésons.

A principal peculiaridade dos *aces* era o fato de eles terem carga elétrica fracionária (mais 2/3 e menos 1/3) quando comparada à do elétron. Para muitos, uma esquisitice e tanto. Para outros, heresia – afinal, havia 50 anos que se acreditava que a carga elétrica era indivisível.

Puro lixo"

Para apresentar o modelo de *aces*, Zweig preparou dezenas de páginas, com cálculos e muitos desenhos feitos à mão, na esperança de tornar aquelas novidades mais palatáveis a seus colegas.

Mas, como conta Zweig em artigos recentes, o aspecto social da ciência começou a mostrar seus caninos: i) o chefe da divisão de física teórica do CERN, o belga Leon Van Hove (1924-1990), o proibiu de enviar o calhamaço para um periódico científico norte-americano; ii) instruiu a secretária a não datilografar nada que fosse dele – e Zweig não sabia datilografar; iii) cancelou um seminário em que Zweig explicaria o modelo de *aces*.

O físico britânico Frank Close, em seu livro *Infinity Puzzle* (Quebra-cabeças infinito; Basic Books, 2013), escreve (p. 226) que Van Hove considerava a ideia dos *aces* "puro lixo".

Mesmo assim, dois *reports* acabaram sendo publicados pelo CERN – hoje, são históricos. Num deles, Zweig esboça o modelo de *aces*; no outro, discute suas implicações. "Quando Van Hove publicou um livro reproduzindo artigos sobre [o tema], não incluiu nenhum de meus dois *reports* [...] Van Hove deliberada e sistematicamente tentou manter meu trabalho alheio à opinião pública", disse Zweig em entrevista recente ao CERN.

Outra lição dos meandros sociológicos da ciência: tão importante quanto ter uma boa ideia é saber propagandeá-la adequadamente. Na chance em que teve de apresentar seu modelo de *aces*, em Erice, na Sicília (Itália), perante a nata da física da época, Zweig não se saiu bem, como relata, em entrevista de 2002 para o arquivo de história oral do Caltech, o físico húngaro Valentine Telegdi (1922-2006), que estava na plateia, "Ele não vendeu muito bem suas ideias", diz o renomado experimental.

Real *versus* irreal

Do outro lado do Atlântico, de forma independente, Gell-Mann chegava a conclusões muito semelhantes sobre a constituição de bárions e mésons. No caso, os constituintes básicos ganhariam o nome *quarks* – palavra extraída do romance *Finnegans wake*, do escritor irlandês James Joyce (1882-1941).

A essência dos dois modelos era basicamente a mesma: bárions e mésons são formados por constituintes menores. Mas havia, pelo menos, uma diferença crucial: Zweig sempre acreditou na realidade de seus *aces*. "Sempre tratei os *aces* como partículas reais. Eles tinham dinâmica", explica o físico nascido na Rússia em 1937, de pais que haviam ido da Alemanha para lá cinco anos antes, fugindo do nazismo, e com avós que morreram em um campo de concentração na Letônia.

Dinâmica, no caso, significa que os *aces* saltavam de uma partícula para outra; giravam e rodavam um em torno do outro etc.

"Qual seria o significado de tudo isso caso os *aces* não fossem reais?", relembra Zweig.

Em 1967, começariam a brotar os primeiros resultados de um experimento que se estenderia pelos próximos cinco anos. Feitos no SLAC, acelerador linear da Universidade de Stanford, na Califórnia (EUA), eles chocavam elétrons ultraenergéticos contra prótons. E a conclusão parecia ser clara desde o início: prótons são formados por estruturas menores.

Segundo Zweig, mesmo depois de cinco anos de resultados do SLAC, Gell-Mann ainda não aceitava a realidade dos *quarks*. Em palestra de 1972, Gell-Mann parece realmente não crer na realidade desses constituintes. Ele diz, por exemplo, que "os hádrons [grupo que reúne bárions e mésons] comportam-se como se fossem feitos de *quarks*, mas *quarks* não precisam ser reais." E mais adiante: "hádrons agem como se eles fossem feitos de *quarks*, mas *quarks* não existem".

Zweig conta que, ainda no fim de 1964, recém-chegado do CERN, tentou explicar o modelo de *aces* para Gell-Mann, mas a reação deste foi: "Oh, *quarks* concretos [reais]. Isso é para estúpidos".

A *Folha* contatou Gell-Mann para que ele desse sua versão da história. No entanto, a assessoria de imprensa do Instituto Santa Fé, no Novo México (EUA), instituição à qual ele está vinculado, alegou que Gell-Mann não poderia responder às perguntas, por estar com a saúde fragilizada – ele está com 84 anos. Mas acrescentou que as respostas poderiam ser achadas em seu livro *O quark e o jaguar* (Rocco, 1996).

No livro, lê-se a seguinte passagem (p. 182, edição norte-americana): "Numerosos autores, ignorando minhas explicações dos termos "matemático" e "real" [...], têm alegado que eu realmente não acreditava que os *quarks* estavam lá! Uma vez que tal mal-entendido se torna estabelecido na literatura popular, ele tende a se perpetuar, porque vários autores frequentemente copiam uns aos outros".

Telegdi, no entanto, na mesma entrevista ao arquivo de história oral, é peremptório: "Pessoalmente, acho que é preciso ser muito cauteloso, porque Murray [Gell-Mann] tem certa tendência a

reescrever a história. Ele, claro, agora, diz que considerava os *quarks* como objetos físicos, e eu não acho que isso seja inteiramente verdade. Acho que ele os considerava como objetos matemáticos."

"Que ele [Einstein], às vezes, tenha errado o alvo em suas especulações, como, por exemplo, em sua hipótese dos '*quanta* de luz', não pode ser levado muito a sério, pois não é possível introduzir ideias verdadeiramente novas, mesmo nas ciências exatas, sem correr alguns riscos de vez em quando". Essas são palavras da carta escrita por Planck em 1913, para recomendar Einstein para a prestigiosa Academia Prussiana de Ciências. Planck ainda acreditava que seu *quantum* era um mero artifício matemático. E Einstein, talvez, tenha sido o único físico a acreditar na realidade dos fótons entre 1905, quando os propôs, até 1925, quando eles passaram a ser aceitos como reais.

Reação não benigna

Zweig conta que, por vezes, a reação ao modelo de *aces* "não foi benigna". Ao tentar uma posição na Universidade da Califórnia, em Berkeley, sua candidatura foi barrada por um físico teórico sênior da instituição, Geoffrey Chew. Alegação: o modelo de *aces* era obra de um "charlatão".

Hoje, passados exatos 40 anos da chamada 'Revolução de Novembro', ninguém mais duvida da existência dos *quarks* (ou *aces*). Em 1974, foi descoberta a partícula J/ψ (jota/psi) que fincou na mente dos físicos a realidade desses constituintes da matéria.

Hoje, "*quarks* são *aces* disfarçados", nas palavras de Zweig. Há seis deles: *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* e *bottom*. E suas cargas são fracionárias: mais 2/3 (*up*, *charm* e top) e menos 1/3 (*down*, *strange* e *bottom*) – o *top*, o último a ser descoberto, em meados da década de 1990, contou com a participação de físicos brasileiros.

Os dois mais famosos bárions ficam assim: o próton é formado por dois *up* e um *down* (carga elétrica positiva), e o nêutron por dois *down* e um *up* (sem carga). Mésons são formados por um *quark* e um anti*quark*. Sabe-se hoje que *quarks* nunca são vistos livres – as forças que os mantêm unidos é tão forte que eles não podem ser separados.

Atualmente, há linhas de pesquisa que tentam saber se os *quarks* são ou não divisíveis, tentando responder ao que talvez seja a mais fascinante pergunta do intelecto humano: do que são feitas as coisas?

E a esta altura vale ressaltar que o físico britânico Donald Perkins, em artigo recente, conta como, por "falta de imaginação e de confiança" dos físicos, os *quarks* (ou *aces*) não foram descobertos no CERN em... 1963!

Ainda é cedo

Em maio de 1968, Zweig encontrou Feynman na *The Greasy* ('Sujinho', na tradução mais tentadora), histórica lanchonete do Caltech. Perguntou a Zweig sobre novidades. E este, pacientemente, repetiu a ladainha de anos: *aces*. Para a surpresa de Zweig, Feynman diz: "Certo, vou dar uma olhada nisso". Cerca de três anos depois, em outro encontro, Feynman dispara para Zweig: "Parabéns, você estava certo". O físico norte-americano – que trabalhou no Brasil e visitou o país várias vezes – agora acreditava que bárions e mésons tinham subestrutura, batizando esses constituintes *pártons*.

Em 1977, Feynman indicaria Zweig e – surpreendentemente, dado o notório choque de egos entre os dois – Gell-Mann para o Nobel. Não é pouca coisa, levando em conta que Feynman era conhecido por não indicar ninguém para prêmios.

Segundo Andrew Pickering, autor de *Constructing quarks – a sociological history of particle physics* (Construindo *quarks* – uma história sociológica da física de partículas; University of Chicago Press, 1999), *quarks* foram um elemento importante na transição entre a 'velha' e a 'nova' física de altas energias. A primeira buscava fenômenos corriqueiros, e os resultados experimentais costumavam guiar a teoria. A outra era orientada por esta e focada em fenômenos raros (entre eles, *quarks*).

Em 1972, Zweig alterou radicalmente sua carreira: neurobiologia. E passou a se dedicar a entender como o som é representado no cérebro. Ganhou destaque internacional nesse campo.

Diz-se que o diplomata norte-americano Henry Kissinger perguntou ao líder do Partido Comunista chinês Xu Enlai (1898-1976) o que este achava da Revolução Francesa. A resposta teria sido: é muito cedo para dizer. Talvez, meio século depois da proposição das ideias que mostraram que os prótons e nêutrons são divisíveis, resposta semelhante seja prudente – afinal, os dois principais protagonistas estão vivos, e suas histórias têm divergências importantes.

Mas o fato de comemorarmos o 50º aniversário de entidades que ficaram conhecidas como *quarks* – e não *aces* – é emblemático de como a história se constrói como um jogo de influência, poder, hierarquia, prestígio e preconceito contra novas ideias. E de esquecimento.

E a física, claro, está cheia de casos assim.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Ilustríssima, da Folha de S. Paulo* (02/06/13)]

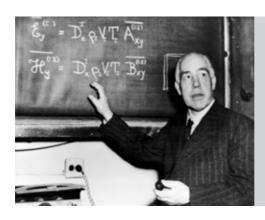
A TRILOGIA BOHR

100 anos do modelo que levou a física quântica ao interior do átomo

com Antonio Augusto Passos Videira, UERJ

A identidade

Em 19 de junho de 1913, uma carta partiu de Manchester (Inglaterra) para a Dinamarca. Nela, havia a passagem: "Talvez, eu tenha feito uma pequena descoberta sobre a estrutura dos átomos. Não conte isso para ninguém."

De pequena, a descoberta nada tinha. Marcava o início da conquista do interior do átomo pela teoria quântica. O remetente era o jovem dinamarquês e recém-doutor em física teórica Niels

Niels Bohr

Crétido: Wikimedia Commons

Bohr (1885-1962), que, naquele momento, acabava um período de estudo com Ernest Rutherford (1871-1937), descobridor, dois anos antes, do núcleo atômico, caroço central onde se estocam 99% da massa do átomo. O mundo científico não levou a sério o modelo. Nem mesmo Rutherford achava ter feito algo importante.

Antes de Manchester, Bohr havia passado pouco tempo na então catedral mundial da física, o Laboratório Cavendish, em Cambridge (Inglaterra), para trabalhar com o descobridor do elétron, Joseph Thomson (1856-1940). Porém, seu inglês precaríssimo e alguma falta de tato social criaram dificuldades de relacionamento por lá.

Bohr decidiu aceitar convite de Rutherford. Depois de curto período de laboratório trabalhando com radioatividade – manualmente, o dinamarquês era desajeitado –, Bohr voltou sua atenção para o modelo atômico com núcleo, que, no entanto, tinha um problema sério: segundo o eletromagnetismo, elétrons, por terem carga elétrica (no caso, negativa), perderiam energia ao orbitar o núcleo e acabariam engolidos por este. Átomos, portanto, seriam instáveis e não deveriam existir.

O início da jornada de Bohr para livrar o átomo dessa 'incoerência' começou ainda em fevereiro de 1913, quando ele tomou conhecimento de resultados relativos ao modo como os átomos devolvem ao meio a luz (energia) que incide sobre eles. Vista com lentes especiais, a energia expelida se apresenta como raias (linhas paralelas) com cores (frequências) diversas. Esse é o chamado espectro atômico (ou raias espectrais). E cada átomo tem seu conjunto de raias, de 'risquinhos' coloridos, como um tipo de identidade.

Desde que os primeiros espectros atômicos começaram a ser medidos, partir da década de 1860, permanecia um mistério: por que raias e não uma faixa contínua de cores? A resposta a essa pergunta levaria quase 60 anos. E o feito seria de Bohr.

Abandonando o laboratório, Bohr, de volta à teoria, iniciou sua jornada rumo à estrutura atômica, depois de ouvir de um colega, o físico-químico húngaro Georg Von Hevesy (1885-1966), sobre os chamados isótopos – variações de um mesmo elemento químico,

cujo núcleo tem o mesmo número de prótons, mas diferente quantidade de nêutrons. Bohr logo percebeu que, na radioatividade, o núcleo, ao expelir parte nacos de si mesmo, mudaria de posição na Tabela Periódica, ou seja, os elementos se transformariam. Mais importante: a radioatividade tinha que ser um fenômeno nuclear. Comprovar essas ideias seria ratificar o modelo de Rutherford.

Entusiasmado, Bohr foi cinco vezes a Rutherford. Este – nutrido, talvez, pela má compreensão, incredulidade ou contumaz falta de tempo – não se entusiasmou. No ano seguinte, a lei do deslocamento radioativo entraria para o currículo de outros pesquisadores, dois químicos. No entanto, nessa primeira decepção científica de Bohr há a marca de algo que lhe acompanharia pela vida: a agudeza para relacionar fenômenos aparentemente desconexos.

Segundo subsídio importante para Bohr: seu contato com Charles Galton Darwin (1887-1962), neto do famoso naturalista Charles Darwin (1809-1882). Esse colega tentava entender como partículas alfa (dois prótons unidos a dois nêutrons) perdem energia ao atravessar a matéria, chocando-se quase exclusivamente contra os elétrons – o papel do núcleo nessas colisões é desprezível.

As contas de Darwin não batiam com os resultados experimentais. Bohr percebeu que o problema era seu colega ter tratado os elétrons como entidades livres no interior atômico. Bohr, porém, assumiu que essas partículas se comportavam como entidades vibratórias (osciladores) que absorviam e expeliam energia e estavam ligadas ao núcleo.

Para isso, Bohr usou as ideias do físico alemão Max Planck (1858-1947), que, em 1900, inaugurou a física quântica, ao propor que, na natureza, a energia é gerada ou absorvida em diminutos grânulos (batizados quanta). Bohr conjeturou que os elétrons só poderiam irradiar energia na forma de 'pacotinhos'.

O físico holandês Abraham Pais (1918-2000), em seu livro *Niels Bohr's times* (Os tempos de Niels Bohr; Oxford University Press, 1994), escreve: "Assim, a teoria quântica penetrou o interior do átomo pela primeira vez nos escritos de Bohr".

O modelo atômico quântico começava a se desenhar. Bohr consolidava sua identidade como físico.

A supremacia

O terceiro (e mais importante subsídio) a Bohr foi seu contato, em 6 de março de 1913, com uma fórmula que descrevia o espectro do átomo de hidrogênio, a chamada fórmula de Balmer – homenagem a um professor de uma escola de meninas na Basileia, o suíço Johann Balmer (1825-1898), que teve essa ideia aos 60 anos de idade e só publicaria mais dois artigos em vida.

A fórmula de Balmer descrevia e previa, com precisão, as raias coloridas no espectro do átomo de hidrogênio. Mas o que a fórmula significava? Três décadas de mistério se acumulavam até 1913.

Ao vê-la, Bohr – com aquela capacidade em juntar fenômenos aparentemente díspares – entendeu o porquê das raias do espectro. Segundo Pais, Bohr assumiu que a fórmula estava correta. E some-se a isso a convicção do jovem físico de que não seria possível explicar os átomos com a física clássica.

A composição básica do modelo quântico do átomo de hidrogênio estava completa. Sua essência: o elétron, ao girar em torno do núcleo, só pode fazer isso caso se mantenha em órbitas pré-determinadas. Se o elétron receber luz – ou seja, um *quantum* de energia –, ele salta para uma órbita mais energética, passa fração de segundo lá e, ao voltar à sua órbita original, expele a energia na forma de um *quantum*.

É esse processo, repetido continuamente, que dá origem às raias espectrais. O espaçamento dessas linhas (a descontinuidade) é explicado, então, pelo fato de a luz expelida pelos átomos ser quantizada, ter valores discretos.

Cerca de 30 anos de mistério desaparecem.

No artigo em que descreve essas ideias, publicado em julho de 1913, Bohr propõe um dos postulados mais corajosos da física: em seu estado fundamental (de energia mínima), a órbita do elétron é estável, o que evita que ele seja 'engolido' pelo núcleo. Estados mais energéticos (excitados) são instáveis – daí, o elétron expelir a luz absorvida.

Contexto histórico necessário: a ideia de usar o *quantum* de Planck para entender o átomo estava mais ou menos no ar por volta de 1910. Nessa época, esse enfoque foi usado, por exemplo, pelo físico austríaco Arthur Haas (1884-1941), o britânico John Nicholson (1881-1955) e o químico dinamarquês Niels Bjerrum (1879-1958). Portanto, Bohr deve ser visto como produto de sua época. E não um gênio atemporal. Mas nenhum outro foi tão longe quando ele nesse tema.

Naquele mesmo ano, em setembro e novembro, Bohr publicaria dois outros artigos, desdobramentos do de julho. No primeiro, aplica as ideias quânticas para átomos mais pesados que o hidrogênio; no outro, para moléculas. Importantes, sem dúvida, até mesmo para a química, mas sem o impacto do primeiro.

Diferentemente do modelo de Rutherford, o de Bohr teve boa recepção e repercussão – apesar de para muitos a ideia central ainda parecer bizarra: quando a energia é mínima, a órbita do elétron é estável. Mas resultados experimentais foram se acumulando nos anos seguintes. O principal deles foi a confirmação dos saltos quânticos, ou seja, a ida do elétron para uma órbita mais energética e seu retorno para a órbita inicial.

O átomo – assim como imaginado na Antiguidade – voltava a ser uma entidade estável. Mais tarde, o físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), idealizador da teoria da relatividade, classificaria o modelo de Bohr como a "mais alta forma de musicalidade na esfera do pensamento".

Visto de hoje, porém, o desdobramento mais importante da trilogia Bohr (aqueles três artigos de 1913) estava nas entrelinhas: Bohr percebeu que a física clássica – na qual os fenômenos são descritos no espaço e no tempo – não serviria para sistemas atômicos. Seria preciso um profundo reajuste nesse sentido. Mas, mesmo limitada, aquela física era indispensável para o entendimento da física quântica. Chamou a isso princípio da correspondência.

A essa altura, vale questão intrigante: se a matéria ordinária é formada por átomos, e estes são entidades discretas, por que o

mundo é percebido como contínuo? O princípio da correspondência ajuda a responder: "Onde o mundo parecer contínuo, as 'regras' da mecânica quântica correspondem às da física clássica", nas palavras do físico Fred Alan Wolf. E isso explica por que as páginas desta *Ilustríssima,* da *Folha de S. Paulo*, são percebidas como extensas e não como grânulos de matéria e energia.

Estava aí a semente de um dos capítulos – a mecânica quântica – mais fascinantes de toda a história da física.

A fama de Bohr se consolidou com sete palestras dadas em 1922 em Göttingen (Alemanha). Na plateia, físicos e matemáticos da mais alta estirpe. Foi o encontro da então 'Santa Trindade Teórica': Bohr, de Copenhague; Arnold Sommerfeld (1868-1951), de Munique; Max Born (1882-1970), de Göttingen. Até hoje, as palestras são conhecidas como 'Festival Bohr'. Muitos jovens físicos – por exemplo, Werner Heisenberg (1901-1976), que anos depois daria contribuições importantíssimas para a teoria quântica – foram influenciados pelas ideias ali discutidas.

O relato de, pelo menos, um desses jovens, que estava presente às palestras, dá a Bohr a supremacia nos debates com Sommerfeld e Born.

O ultimato

Bohr será para sempre lembrado por seu modelo de 1913. Mas, a partir da década de 1920, a imagem de filósofo da natureza se consolida nele. Daí para frente, cada vez mais, seus artigos traziam conceitos em vez de números e fórmulas. Hoje, analisar as ideias filosóficas de Bohr tornou-se uma indústria acadêmica.

Três eventos principais marcam a faceta filosófica de Bohr. O primeiro é a apresentação do princípio da complementaridade, em setembro de 1927, em Como (Itália), encontro no qual ele afirma que as visões das partículas subatômicas como corpúsculos e ondas devem ser vistas como complementares (e necessárias) para o entendimento do mundo microscópico, mas não há experimento que force uma entidade quântica a revelar simultaneamente esses dois comportamentos.

O segundo evento ocorre um mês depois. Na Conferência Solvay, em Bruxelas, Bohr debate com Einstein a mecânica quântica, a teoria recém-elaborada que, baseada na ideia inicial do *quantum* de energia, descreve fenômenos do universo atômico e subatômico. No encontro, Einstein imagina experimentos com os quais tenta mostrar que aquela teoria estava equivocada, pelo fato de indicar apenas a probabilidade e não a 'certeza' – como na física clássica – de um fenômeno ocorrer. Bohr responde com sua característica agudeza mental, desbancando – ironicamente, com base na relatividade, teoria de Einstein – cada um dos argumentos de seu colega alemão.

O terceiro grande momento da visão filosófica de Bohr se dá em 1935, quando Einstein e dois colaboradores esboçam um experimento igualmente imaginário – hoje, conhecido como paradoxo EPR – cujo argumento central era mostrar que havia 'realidades ocultas' das quais a mecânica quântica não dava conta. Ou seja, a mecânica quântica seria uma teoria incompleta.

No paradoxo EPR, duas partículas interagem e depois se afastam bastante. Para Einstein e colegas, se a mecânica quântica fosse aceita como uma descrição completa da realidade física, surgiria, então, um tipo de comunicação instantânea entre essas partículas. E, segundo Einstein, essa "fantasmagórica ação a distância" violaria sua teoria da relatividade, que prevê que não pode haver comunicação com velocidade superior à da luz no vácuo (300 mil km/s).

A resposta de Bohr, meses depois, é um primor: seu foco não é o experimento em si. É, na verdade, uma réplica de natureza filosófica que concluiu que uma partícula 'sentiria' instantaneamente o que acontece com a outra, mesmo que estivessem separadas por distâncias astronômicas. A explicação era mais ou menos a seguinte: depois de interagirem, as duas passariam a fazer parte de um só sistema – grosso modo, seriam inseparáveis. Hoje, o emaranhamento, fenômeno bizarro que permite essa 'telepatia' entre dois objetos quânticos, é corriqueiro nos laboratórios – inclusive, no Brasil.

A resposta de Bohr ao paradoxo EPR deu ares de vitória à chamada interpretação de Copenhague. A partir daí, aceitaram-se

com mais naturalidade as esquisitices da mecânica quântica, segundo a qual entidades quânticas (elétrons, prótons, fótons, átomos etc.) podem estar em dois lugares ao mesmo tempo; podem ora se comportar como ondas, ora como partículas; podem se 'comunicar' com velocidade acima da luz; e, estranhamente, só se tornam fenômenos (portanto, realidade física) depois de observadas. "Será que a Lua existe quando não estamos olhando para ela?", ironizou certa vez Einstein.

E, talvez, o ponto central da interpretação da mecânica quântica pela Escola de Copenhague: objeto e observador integram o mesmo sistema. Einstein nunca aceitou isso, pois acreditou, até a morte, no princípio da separabilidade: coisas distantes no espaço podem ser descritas individualmente, têm realidades independentes – em termos simples, o que acontece aqui não influencia o que ocorre ali.

Eis aí o coração da discordância entre ele e Bohr.

É comum atribuir – inclua-se entre esses Einstein – a Bohr características do pensamento positivista – não se pode falar do que não se pode observar (ou medir) – ou de um kantismo – a essência das coisas não pode ser conhecida. Segundo o filósofo da ciência Henri J. Folse, isso é uma visão equivocada. Para ele – e seus argumentos são convincentes –, Bohr foi um realista – a associação de suas ideias ao positivismo deram equivocadamente um matiz antirrealista a elas. Elétrons e todas as outras entidades quânticas – apesar da limitação de conhecimento imposta pela teoria – têm realidade física.

O realismo de Bohr, segundo Folse, decorre de sua mais profunda crença no fato de a mecânica quântica – cuja precisão hoje chega a mais de uma dezena de casas decimais – ser uma teoria completa. E a principal consequência disso – árdua para muitos, inclusive Einstein – é a de que seria (e ainda é) preciso um novo conceito de realidade física em harmonia com a teoria do *quantum*. Para Einstein, aceitar essa completude seria afirmar consequências inaceitáveis, como um objeto interferindo em outro, mesmo que afastados por distâncias astronômicas.

Bohr nunca esboçou essa nova concepção de realidade física,

por achar que os problemas fundamentais da ciência diziam respeito não à realidade, mas, sim, à comunicação, ou seja, transmitir experiências e ideias a outras pessoas. Portanto, para ele, a tarefa da física não era descobrir como a natureza é. "Física é sobre o que podemos dizer sobre a natureza".

Para os ainda pouco interessados no assunto, a visão de Copenhague é a mais popular até hoje – em geral, alunos aprendem mecânica quântica na base do "cale boca e calcule". Para Pais, Einstein e Bohr promoveram o maior debate filosófico do século passado. Afirmação forte, sem dúvida. Mas a esmagadora maioria dos físicos e filósofos da atualidade – por praticamente ignorarem a essência da questão – nem mesmo tem condições de concordar ou discordar dessa afirmação.

O ultimato Bohr sobre uma nova realidade continua em aberto, portanto.

Em um mar de cientistas com comportamentos estranhos – o caso emblemático é o do físico britânico Paul Dirac (1902-1984) –, Bohr soava como a normalidade em sua mais límpida plenitude. Pai carinhoso de seis filhos – dois morreram prematuramente –, marido dedicado, bom amigo, pessoa simples e admirada por todos. Herói nacional da Dinamarca, a menção a seu nome na alfândega era suficiente para abreviar a conversa com as autoridades, como lembrava o físico austríaco Guido Beck (1903-1988), um dos pioneiros da pesquisa em física no Brasil. Táxis, muitas vezes, nem cobraram pela corrida até o Instituto de Física Teórica.

No entanto, Bohr era obsessivo ao extremo com o trabalho e a clareza dos artigos – reescrevia-os doentiamente. Paradoxalmente, nunca foi grande palestrante: sua dicção era ruim, e seu pensamento mais rápido que as palavras.

Sua personalidade impressionava. O então jovem físico brasileiro César Lattes (1924-2005) encontrou-se com Bohr, em dezembro de 1947, em Copenhague, depois de ter feito palestra na Sociedade Dinamarquesa de Física. Lattes, mais tarde, contou que, depois de seu próprio pai, Bohr foi a figura masculina que mais o impressionou na vida.

Bohr foi competente administrador da ciência, defensor de refugiados de guerra, fundador da física biológica e da medicina nuclear, incentivador de jovens talentos. E pacifista convicto na Era Nuclear – apesar de ter trabalhado no projeto da bomba atômica. Sempre reconheceu seus (muitos) erros científicos – um deles, uma heresia: abrir mão da conservação da energia em meados da década de 1920, para tentar mostrar que o fóton não tinha realidade física.

Seu agora centenário modelo atômico – que Bohr denominava "panqueca", por causa das órbitas circulares dos elétrons – é hoje um arremedo do que a mecânica quântica sabe sobre o interior do átomo. Pertence à chamada velha teoria quântica.

Sua morte, em 18 de novembro de 1962, causou comoção mundial – talvez, tenha sido mais impactante que a de Einstein. Ele sempre viveu publicamente; Einstein, em reclusão nos últimos 20 anos de vida.

A síntese de Pais deveria ser considerada: Einstein foi o maior físico do século passado; Bohr, o maior filósofo. As discussões entre ambos não eram sobre um fenômeno, uma crença, um aspecto da vida ou detalhe do conhecimento. Foram uma batalha pelo que talvez seja a mais penetrante das questões filosóficas: por que a realidade física é do jeito que é?

Eram discussões sobre a 'alma' da natureza e da linguagem. Nada pode ser mais profundo.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Ilustríssima*, da *Folha de S. Paulo* (28/12/14)]

TEOREMA DE BELL

50 anos da descoberta mais profunda da ciência

Um país da América do Sul quer manter a privacidade de suas informações estratégicas, mas se vê obrigado a comprar os equipamentos para essa tarefa de um país bem mais avançado tecnologicamente. Mas esses aparelhos podem estar 'grampeados'...

Surge, então, a dúvida quase óbvia: haverá, no futuro, privacidade 100% garantida? Resposta: sim. E isso vale até mesmo para um país que compre a tecnologia antiespionagem do 'inimigo'.

O que possibilita a resposta afirmativa acima é o resultado que já foi classificado como o mais profundo da ciência – repita-se, da ciência: o chamado teorema de Bell, que trata, por sua vez, de

John Bell
Crédito: Wikimedia Commons

uma das perguntas filosóficas mais agudas e penetrantes feitas até hoje e que alicerça o próprio conhecimento: o que é a realidade?

O teorema de Bell – que completa agora 50 anos – garante que a realidade, em sua dimensão mais íntima, é inimaginavelmente estranha.

Ação fantasmagórica

A história do teorema, de sua comprovação experimental e suas aplicações modernas tem vários começos. Talvez, aqui, o mais apropriado seja um artigo de 1935 do físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) e de dois colaboradores, o russo Boris Podolsky (1896-1966) e o norte-americano Nathan Rosen (1909-1995).

Conhecido como paradoxo EPR (iniciais dos sobrenomes dos autores), o experimento teórico ali descrito resumia uma longa insatisfação de Einstein com os rumos que a mecânica quântica (teoria dos fenômenos na escala atômica) havia tomado. Inicialmente, causou amargo no paladar do autor da relatividade o fato de aquela teoria, desenvolvida na década de 1920, fornecer apenas a probabilidade de um fenômeno ocorrer. Isso contrastava com a 'certeza' (determinismo) da física dita clássica, a que rege os fenômenos macroscópicos.

Einstein, na verdade, estranhava sua criatura, pois havia sido um dos criadores da teoria quântica. Por exemplo, em 1905, havia proposto que a luz é formada por fótons, ou seja, diminutos pacotes (ou *quanta*) de energia.

Com alguma relutância inicial, o indeterminismo da mecânica quântica acabou digerido por Einstein. Porém, algo nunca lhe passou pela garganta: a não localidade, ou seja, o estranhíssimo fato de algo aqui influenciar instantaneamente algo ali – mesmo que esse 'ali' esteja muito distante. Einstein acreditava que coisas distantes tinham realidades independentes.

Einstein chegou a comparar – e, para os místicos de plantão, vale salientar que é só uma analogia – a não localidade a um tipo de telepatia. Mas a definição mais famosa de Einstein para essa estranheza foi "fantasmagórica ação a distância".

A essência do paradoxo EPR é a seguinte: sob condições especiais, duas partículas que interagiram – e, depois, se separaram – acabam em um estado denominado emaranhado, como se fossem 'gêmeas telepáticas'. De forma menos pictórica, diz-se que as partículas estão conectadas (ou correlacionadas, como preferem os físicos) e permanecem assim, mesmo depois da interação.

A estranheza maior vem agora: se uma das partículas desse par for perturbada – ou seja, sofrer uma medição qualquer, como dizem os físicos –, a outra 'sente' essa perturbação instantaneamente. E isso independe da distância entre as duas partículas. Podem estar separadas por anos-luz, isto é, trilhões de quilômetros.

No artigo EPR, os autores diziam que era impossível imaginar que a natureza permitisse a tal conexão instantânea entre dois objetos. E, por meio de argumentação lógica e complexa, Einstein, Podolsky e Rose concluíam: a mecânica quântica tem que ser incompleta. Portanto, provisória.

Superior à luz?

Uma leitura apressada (porém, muito comum) do paradoxo EPR é dizer que uma ação instantânea (não local, no vocabulário da física) é impossível, porque violaria a relatividade de Einstein: nada pode viajar com velocidade superior à da luz no vácuo (cerca de 300 mil km/s). E isso inclui informação.

No entanto, a não localidade não pode ser usada para mandar ou receber mensagens, pois ela atuaria apenas na dimensão microscópica. No mundo macroscópico, se quisermos fazer isso, teremos que usar sinais que nunca viajam com velocidade maior que a da luz no vácuo. Ou seja, relatividade é preservada.

A não localidade tem a ver com conexões persistentes (e misteriosas) entre dois objetos: interferir com (alterar, mudar etc.) um deles, interfere com (altera, muda etc.) o outro. Instantaneamente. O simples ato de observar um deles interfere com o estado do outro.

Einstein não gostou da versão final do artigo de 1935, que só viu impressa – a redação ficou a cargo de Podolsky. Imaginou um texto menos filosófico. Pouco meses depois, viria a resposta do fí-

sico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) ao EPR. Einstein e Bohr, poucos anos antes, haviam protagonizado o que para muitos é um dos debates filosóficos mais importantes da história. Assunto: 'a alma da natureza', nas palavras de um filósofo da física.

Em sua resposta ao EPR, Bohr reafirmou tanto a completude da mecânica quântica quanto sua visão – classificada como antirrealista – do mundo universo atômico: não é possível dizer que uma entidade quântica (elétron, próton, fóton etc.) tenha uma propriedade antes que esta seja medida. Isto é, tal propriedade não seria real, não estaria oculta no objeto, à espera de um aparelho de medida ou qualquer interferência (até mesmo o olhar) do observador. Quanto a isso, Einstein, mais tarde, ironizaria: "Será que a Lua só existe quando olhamos para ela?".

Apesar de ter sido reescrita várias vezes, a resposta de Bohr é obscura e tortuosa – talvez, reflexo do modo como ele sabidamente se expressava. Conta-se que entender suas palestras era um desafio. Mesmo assim, foi classificado pelo físico e historiador da física holandês Abraham Pais (1918-2000) como o maior filósofo do século passado.

Argumento de autoridade

Um modo de entender o que seja uma teoria determinista é o seguinte: é aquela na qual se pressupõe que a propriedade a ser medida está presente (ou 'escondida') no objeto e pode ser determinada com certeza. Os físicos denominam esse tipo de teoria com um nome bem apropriado: teoria de variáveis ocultas.

Em uma teoria de variáveis ocultas, a tal propriedade (conhecida ou não) existe, é real. Daí, por vezes, os filósofos classificarem esse cenário como realismo – Einstein gostava do termo 'realidade objetiva', isto é, as coisas existem sem a necessidade de serem observadas.

Mas, na década de 1930, um teorema havia 'provado' que seria impossível haver uma versão da mecânica quântica como uma teoria de variáveis ocultas. O feito era de um dos maiores matemáticos de todos os tempos, o húngaro John von Neumann (1903-

1957). E, fato não raro na história da ciência, valeu o ‘argumento da autoridade’ em vez da ‘autoridade do argumento’.

O teorema de von Neumann era perfeito do ponto de vista matemático, mas “errado, tolo” e “infantil” – como chegou a ser classificado – do ponto de vista físico, pois partia de uma premissa equivocada. Sabe-se hoje que Einstein desconfiou dela: “Temos que aceitar isso como verdade?”, perguntou a dois colegas. Mas não foi além.

O teorema de von Neumann serviu, porém, para praticamente pisotear a versão determinista (portanto, de variáveis ocultas) da mecânica quântica feita, em 1927, pelo físico e nobre francês Louis De Broglie (1892-1987), Nobel de Física de 1929, que, por conta disso, acabou desistindo dessa linha de pesquisa.

Por exatas duas décadas, o teorema de von Neumann e as ideias de Bohr – que formou em torno dele uma influente escola de jovens notáveis – dissuadiram tentativas de buscar uma versão determinista da mecânica quântica.

Mas, em 1952, o físico norte-americano David Bohm (1917-1992), inspirado pelas ideias de De Broglie, apresentou uma versão de variáveis ocultas da mecânica quântica – hoje, denominada mecânica quântica bohmiana, homenagem ao pesquisador que trabalhou na década de 1950 na Universidade de São Paulo (USP), quando perseguido nos EUA pelo macartismo, período conhecido como ‘caça aos comunistas’.

A mecânica quântica bohmiana tinha duas características em sua essência: i) era determinista (ou seja, de variáveis ocultas); ii) era não local (isto é, permitia a tal ação a distância). Esta última fez Einstein (um localista convicto) perder o interesse inicial por essa nova versão.

Protagonista

Entra em cena a principal personagem desta história: o físico norte-irlandês John Stewart Bell, que, ao tomar conhecimento da mecânica bohmiana, teve uma certeza: o “impossível havia sido feito”. Mais: von Neumann estava errado.

A mecânica quântica de Bohm – ignorada logo de início pela comunidade de físicos – acabava de cair em terreno fértil: Bell,

desde a universidade, remoía, como um *hobby*, os fundamentos filosóficos da mecânica quântica (EPR, von Neumann, De Broglie etc.). E tinha tomado partido nesses debates: era um einsteiniano assumido e achava Bohr obscuro.

Bell nasceu em 28 de junho de 1928, em Belfast, em uma família anglicana sem posses. Deveria ter parado de estudar aos 14 anos, mas, por insistência da mãe, que percebeu os dotes intelectuais do segundo de quatro filhos, foi enviado a uma escola técnica de ensino médio onde aprendeu coisas práticas (carpintaria, construção civil, biblioteconomia etc.).

Ao se formar, aos 16 anos, tentou empregos em escritórios, mas o destino quis que terminasse como técnico preparador de experimentos no Departamento de Física da Universidade Queen's, também em Belfast.

Os professores do curso logo perceberam o interesse do técnico pela física e passaram a incentivá-lo, com indicações de leituras e aulas. Com uma bolsa de estudo, Bell se formou em 1948 em física experimental e, no ano seguinte, em física-matemática. Ambos com louvor.

De 1949 a 1960, Bell trabalhou no AERE (Estabelecimento para a Pesquisa Energia Atômica), em Harwell (Reino Unido), onde conheceu sua futura mulher, a física Mary Ross, que se tornaria sua interlocutora em vários trabalhos sobre física. "Ao olhar novamente esses artigos, vejo-a em todo lugar", disse Bell, em homenagem recebida 1987.

Defendeu seu doutorado em 1956, depois de um período na Universidade de Birmingham (Reino Unido), sob orientação do físico teuto-britânico Rudolf Peierls (1907-1995). A tese inclui uma prova de um teorema muito importante da física (teorema CPT), mas a prioridade acabou ficando com outro físico da época. Mary já era doutora há cerca de 10 anos.

O teorema

Por discordarem dos rumos que as pesquisas no AERE haviam tomado, o casal decidiu trocar empregos estáveis por posições tempo-

rárias no Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN), em Genebra (Suíça). Ele na Divisão de Física Teórica; ela na de Aceleradores.

Bell passou 1963 e o ano seguinte trabalhando nos EUA. Lá, encontrou tempo para se dedicar a seu *hobby* intelectual e gestar o resultado que marcaria para sempre sua carreira e lhe daria, décadas depois, fama.

Bell se fez a seguinte pergunta: será que a não localidade da teoria realista (entenda-se, de variáveis ocultas) de Bohm seria uma característica de qualquer teoria realista da mecânica quântica? Em outras palavras, se as coisas existirem sem serem observadas, elas teriam que necessariamente estabelecer aquela fantasmagoria ação a distância?

O teorema de Bell, publicado em 1964, é também conhecido como desigualdade de Bell, designação que reflete sua essência, pois trata de uma inequação – na verdade, sua matemática não é muito complicada. Mas, de modo muito simplificado, podemos pensá-lo assim: $B \leq 2$ – o 'B' é simplesmente homenagem nossa a Bell.

Para nossos propósitos aqui, a forma de interpretá-lo pode ser esta: se os dados de um experimento mostrarem que 'B' é maior do que 2, a desigualdade, então, será violada. E, se isso ocorrer, teremos que abrir mão de uma das duas suposições: i) realismo (as coisas existem sem serem observadas); ii) da localidade (o mundo quântico não permite conexões mais velozes que a luz).

O artigo do teorema não teve grande repercussão – Bell havia feito outro antes, mas, por erro do editor do periódico, acabou publicado só em 1966. A supremacia das ideias de Bohr e o teorema de von Neumann ainda assombravam a área.

Hippies em cena

A retomada das ideias de Bell – e, por conseguinte, do EPR e de Bohm – ganhou momento com fatores externos à física: *hippies*; geração paz e amor; luta pelas liberdades civis; oposição à guerra do Vietnã; movimento estudantil; maio de 1968; filosofias orientais; telepatia; consciência humana; drogas psicodélicas etc.

Em resumo: rebeldia.

Uma das personagens desse cenário, o físico norte-americano John Clauser, disse anos depois: "A guerra do Vietnã dominava os pensamentos políticos da minha geração. Sendo um jovem físico naquele período de pensamento revolucionário, eu naturalmente queria 'chacoalhar o mundo'".

Traduzida para a física, essa rebeldia significava – talvez, para ir contra o 'sistema' – dedicar-se a uma área herética na academia: interpretações (ou fundamentos) da mecânica quântica. Mas fazer isso aumentava consideravelmente as chances de um jovem físico arruinar sua carreira, pois EPR, Bohm e Bell eram considerados assuntos filosóficos; portanto, não físicos. Some-se a isso a crise do petróleo de 1973, que diminuiu a oferta de postos para jovens físicos.

A alquimia estava completa: rebeldia e recessão.

Clauser, juntamente com três colegas, Abner Shimony, Richard Holt e Michael Horne, publicaram suas primeiras ideias sobre o assunto em 1969, com o título 'Proposta de experimento para testar teorias de variáveis ocultas'. E, em parte, fizeram isso porque perceberam que a desigualdades de Bell poderiam, naquele momento, ser testadas com fótons – até então, pensava-se em arranjos experimentais mais complicados.

Em 1972, a tal proposta virou experimento – feito por Clauser e Stuart Freedman (1944-2012) –, e a desigualdade de Bell foi violada.

O mundo parecia ser não local – ironicamente, Clauser era um localista. Apenas parecia, pois o experimento continuou por cerca de uma década incompreendido e, portanto, desconsiderado pela comunidade de físicos. Mas aqueles resultados serviram para reforçar algo importante: fundamentos da mecânica quântica não eram só filosofia. Eram também física experimental.

Mudança de cenário

O aperfeiçoamento de equipamentos de óptica (incluindo, *lasers*) permitiu que, em 1982, um experimento se tornasse um clássico da área.

Pouco antes, o físico francês Alain Aspect havia decidido iniciar a um doutorado tardio, mesmo sendo um físico experimental

experiente. Escolheu como tema o teorema de Bell. Foi ao encontro do colega norte-irlandês no CERN. Em entrevista ao físico Ivan dos Santos Oliveira Júnior, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro (RJ), e ao autor deste texto, Aspect contou o seguinte diálogo entre ele e Bell. "Você tem uma posição permanente?", perguntou Bell. "Sim", disse Aspect. Caso contrário, "você seria muito pressionado a não fazer o experimento", disse Bell.

A leitura da conversa acima é a seguinte: quase duas décadas depois do artigo seminal de 1964, o tema continuava revestido de preconceito.

Em um experimento feito com pares de fótons emaranhados, a natureza, mais uma vez, mostrou seu caráter não local: a desigualdade de Bell foi violada. Os dados mostraram B > 2. Em 2007, por exemplo, o grupo do físico austríaco Anton Zeilinger verificou a violação da desigualdade, usando fótons separados por... 144 km.

Na entrevista dada no Brasil, Aspect disse que, até então, o teorema de Bell era pouquíssimo conhecido pelos físicos, mas ganharia fama depois de seu experimento, por conta, em parte, dos vários convites que Aspect recebeu para falar de seus resultados. Bell participou da banca de doutorado de Aspect.

Não local

Afinal, por que a natureza permite que haja a tal 'telepatia' einsteiniana? É, no mínimo, estranho pensar que uma partícula perturbada aqui possa, de algum modo, alterar o estado de sua companheira nos confins do universo.

Há várias maneiras de interpretar as consequências do que Bell fez. De partida, algumas (bem) equivocadas: i) a não localidade não pode existir, porque viola a relatividade; ii) teorias de variáveis ocultas (Bohm, De Broglie etc.) da mecânica quântica estão totalmente descartadas; iii) a mecânica quântica é realmente indeterminista; iv) o irrealismo – ou seja, coisas só existem quando observadas – é a palavra final. A lista é longa.

Quando foi publicado, o teorema ganhou a seguinte leitura rasa (e errônea): isso não tem importância, pois o teorema de von

Neumann já havia descartado as variáveis ocultas, e a mecânica quântica é mesmo indeterminista. Hoje, entre os que não aceitam a não localidade, há aqueles que chegam ao ponto de dizer que Einstein, Bohm e Bell não entenderam o que fizeram.

O filósofo da física norte-americano Tim Maudlin, da Universidade de Nova York, em dois excelentes, artigos 'What Bell did' (O que Bell fez; http://arxiv.org/abs/1408.1826) e 'Reply to comments on What Bell did' (Resposta aos comentários sobre o que Bell fez; http://arxiv.org/abs/1408.1828), oferece uma longa lista de equívocos.

Para Maudlin, renomado na área de filosofia da física, o teorema de Bell e sua violação significam uma só coisa: a natureza é não local ('fantasmagórica') e, portanto, não há esperança para a localidade, como Einstein gostaria – e, nesse sentido, pode-se dizer que Bell mostrou que Einstein estava errado. Assim, qualquer teoria determinista (realista) que reproduza os resultados experimentais obtidos até hoje pela mecânica quântica – por sinal, a teoria mais precisa da história da ciência – terá que necessariamente ser não local.

De Aspect até hoje, desenvolvimentos tecnológicos importantes permitiram algo impensável há poucas décadas: estudar isoladamente uma entidade quântica (átomo, elétron, fóton etc.). E isso deu início à área de informação quântica, que abrange o estudo da criptografia quântica – aquela que permitirá a segurança absoluta dos dados – e dos computadores quânticos, máquinas extremamente velozes. De certo modo, é filosofia transformada em física experimental.

E muitos desses avanços se devem à rebeldia de uma geração de físicos jovens que queriam contrariar o 'sistema'. História saborosa desse período está em *How the hippies saved physics* (Como os hippies salvaram a física; W. W. Norton & Company, 2012), do historiador da física norte-americano David Kaiser. E uma análise histórica detalhada no livro *The quantum dissidentes – rebuilding the foundations of quantum mechanics (1950-1990)* (Springer, 2015), do historiador da física Olival Freire Júnior, da Universidade Federal da Bahia.

Para os mais interessados no viés filosófico, os dois volumes premiados de *Conceitos de física quântica* (Editora Livraria da Física), do físico e filósofo Osvaldo Pessoa Jr., da USP.

Privacidade garantida?

A esta altura, o(a) leitor(a) talvez esteja se perguntando sobre o que o teorema de Bell tem a ver com uma privacidade 100% garantida. No futuro, é (bem) provável que a informação seja enviada e recebida na forma de fótons emaranhados. Pesquisas recentes em criptografia quântica garantem que bastaria submeter essas partículas de luz ao teste da desigualdade de Bell. Se a ela for violada, então, 100% de certeza de que a mensagem não foi bisbilhotada indevidamente. E o teste independe do equipamento usado para enviar ou receber os fótons. A base teórica para isso está, por exemplo, em 'The ultimate physical limits of privacy' (Os limites físicos finais da privacidade), dos físicos Artur Ekert e Renato Renner (http://bit.ly/1GHZ7kP).

Em um futuro não muito distante, talvez, o teorema de Bell se transforme na arma mais poderosa contra a espionagem. E isso é tremendo alento para um mundo que parece rumar à privacidade zero. E isso será mais uma linha no currículo de um teorema que é, segundo o físico norte-americano Henry Stapp, especialista em fundamentos da mecânica quântica, "o resultado mais profundo da ciência". Merecidamente, tudo indica. Afinal, por que a natureza optou pela 'ação fantasmagórica a distância'?

A resposta é um mistério. Pena que a pergunta nem mesmo seja citada nas graduações de física no Brasil.

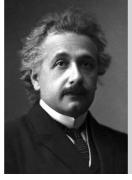
Bell morreu de hemorragia cerebral em 1 de outubro de 1990.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Mais!*, da *Folha de S. Paulo* (05/06/05)]

EINSTEIN

Paradoxos para além da relatividade

A primeira impressão que Albert causou em sua mãe, Pauline Koch Einstein (1858-1920), foi espanto. Ela achou que tivesse dado à luz uma criança deformada. Porém, a cabeça pontiaguda do recém-nascido voltaria ao normal pouco depois daquela sexta-feira, 14 de março de 1879, 11h30 da manhã, no endereço Bahnhofstrasse 135 B, em Ülm, sul da Alemanha – prédio que não sobreviveu aos bombardeios da Segunda Guerra Mundial.

O pequeno Einstein era rechonchudo, tímido e gostava de brincar sozinho – sua diversão predileta era fazer castelos de cartas. Quando participava de jogos, preferia ser o juiz. Tinha acessos de raiva violentos. Num deles, abriu a cabeça da irmã, Maja (1881-

Albert Einstein, na infância e maturidade
Crédito: Wikimedia Commons

1951), com uma bola de boliche. Em outra, atirou uma cadeira em uma professora particular – que desistiu do aluno.

Por volta dos seis anos, Einstein começou a ter aulas de judaísmo. Nessa época, entrou para uma escola pública e católica de Munique, para onde a família havia se mudado em 1880. Era o único judeu da classe. Foi um excelente aluno. Em agosto de 1886, Pauline escreveu para a mãe: "[Albert] foi novamente o melhor; o boletim é brilhante".

Os problemas escolares de Einstein começaram no Ginásio Luitpold. O autoritarismo de alguns professores o desagradava muito. Porém, a pedagogia alemã – militarista, segundo Einstein – não conseguiu destruir seu interesse pelos estudos. Por volta dos dez anos, começou a ler sobre física, matemática e filosofia. Mais tarde, passou a estudar sozinho matemática avançada.

Em 1894, a família se mudou para a Itália, depois de os negócios de seu pai, Hermann (1847-1902), falirem em Munique– falências seriam um constante na vida de Hermann. Einstein ficou na cidade morando numa pensão. Passou, então, a articular um plano. Conseguiu dispensa da escola com um atestado médico que alegava estafa mental – sim, Einstein mentiu – e pediu uma carta de recomendação ao professor de matemática, que escrever que nada mais tinha a ensinar àquele aluno brilhante. Largou o Luitpold e foi para Pavia (Itália), onde passeou por museus e aprendeu um pouco de italiano.

Depois dessas 'férias' prolongadas, decidiu entrar para a universidade. Conseguiu convencer um diretor da Escola Politécnica de Zurique (Suíça) de que tinha condições de prestar o exame de ingresso. Foi reprovado. Principalmente, nas disciplinas de humanas. Porém, duas justificativas a seu favor: ele era dois anos mais novo que a idade regulamentar para aquela admissão, e sua matemática e física impressionaram bastante a banca examinadora. Recebeu, então, duas propostas: i) assistir a aulas de matemática e física naquela facultada; ii) terminar o ensino médio em uma escola suíça e, depois disso, ingressar diretamente na Politécnica.

Einstein ficou com a segunda opção. Matriculou-se, ainda em 1895, na escola de Aarau, no cantão de Argóvia. Um ano depois, formou-se (em primeiro lugar de sua turma) e seguiu para a Politécnica. Nessa época, tomou uma decisão aparentemente madura para um jovem: renunciou à cidadania de seu estado natal, Württemberg – e, consequentemente, à alemã –, argumentando discordar da mentalidade militarista germânica.

Até o segundo ano do curso de formação de professores do ensino médio de matemática e física, Einstein foi excelente aluno. A partir daí, passou a matar aulas para estudar tópicos de seu interesse. Leu os clássicos da física – e até Darwin. Mas, com isso, só passou nos exames finais porque estudou com as anotações de aula de um colega, Marcel Grossmann (1878-1936), e da sérvia Mileva Maric (lê-se 'Máritchy'), sua futura mulher.

Em 1900, Einstein estava assim: formado, desempregado, sem a mesada familiar e sem cidadania. Para sobreviver, deu aulas em escolas secundárias e aulas particulares – estas últimas acabaram por não lhe render nada, pois tornou-se amigo dos alunos, e juntos formaram a chama Academia Olímpia, em cujas reuniões liam sobre física, literatura, filosofia, entre outros tópicos. As obras filosóficas do matemático francês Henri Poincaré (1854-1912) foram as que mais impressionaram Einstein

Em 1902, conseguiu, por indicação do pai de Grossmann, um emprego como técnico de 3ª classe no Escritório de Patentes em Berna (Suíça), onde permaneceria por sete anos.

Em 1905, produziu uma tese de doutorado e cinco artigos que mudariam a face da física. Por conta dessa impressionante tempestade mental, 1905 se tornou o Ano Miraculoso da física. Mas são três trabalhos daquele ano que deram fama inicial a Einstein – mesmo que ela tenha inicialmente ficado restrita à comunidade à então pequena de físicos mundial: o efeito fotoelétrico, no qual ele propõe que a luz tem uma natureza corpuscular; e dois sobre a relatividade restrita (ou especial), em que ele alterou para sempre a noções de espaço e tempo, tornando essas duas grandezas relativas – ou seja, elas dependem de cada observador.

Brilho que ofusca

O brilho de Einstein levou a resultados paradoxais. Enquanto iluminou aqueles que, às vezes, por mero oportunismo, aproximavam-se dele, criou uma penumbra sobre sua mulher e seus filhos.

Sobre Mileva, talvez tenha recaído o peso maior da 'sina' de ser uma Einstein. Ela nasceu, em 1875, em Titel, no então Império Austro-Húngaro. Além da língua sérvia, dominava o alemão, o francês, o húngaro e o inglês. Estudou piano e teoria musical. Na escola, era excelente aluna. Suas habilidades em matemática e física eram excepcionais.

Em 1894, foi para um seleto colégio de meninas em Zurique. Dois anos depois, passou brevemente por medicina, antes de optar pelo curso de formação de professores de física e matemática da Escola Politécnica de Zurique, onde conheceu Einstein. Era a única mulher de uma turma de cinco. Algumas de suas notas foram melhores que as de Einstein.

Nos exames finais, Mileva, paradoxalmente, repetiu em matemática. Um ano depois, tentou de novo, mas falhou. Mas, agora, havia uma boa explicação: estava grávida de Lieserl, filha que nasceu em 27 de janeiro de 1902, antes do casamento formal (1903), e cujo destino se desconhece – supõe-se que a menina ou tenha morrido de escarlatina ainda com poucos anos de vida, ou tenha sido colocada para adoção e nunca tenha sabido de quem era filha. Esta última hipótese parece a mais provável, indicam investigações mais recentes.

Mileva e Einstein certamente discutiam física. Porém, o fato de Mileva não ter sido a 'autora injustiçada' da relatividade – como foi defendido mais de uma vez – não tira em nada seu mérito. O físico e historiador da ciência Dord Krstic afirma que ela foi uma das primeiras mulheres do Império Austro-Húngaro a conseguir autorização para assistir a aulas de física em uma classe só de meninos. Vai além: defende que, assim como Marie Curie (1867-1934), Mileva foi uma das primeiras mulheres físicas da história.

Nascido em 1904, Hans Albert formou-se em 1927 em engenharia civil pela Escola Politécnica de Zurique e obteve seu dou-

Mileva Maric
e Albert Einstein
Crédito: Wikimedia Commons

torado em hidráulica em 1936 – desde criança, água era sua grande paixão. Diferentemente da mãe, Hans Albert recebeu o devido reconhecimento pelo alcance de sua obra. É considerado um dos maiores especialistas do século passado em transportes de sedimentos em rios e canais.

Morreu do coração aos 69 anos. Em seu túmulo, lê-se: "Uma vida dedicada a seus estudantes, à pesquisa, à natureza e à música". Excluída a palavra 'estudantes', poderia ser a lápide de seu pai.

Eduard, filho mais novo, foi um aluno excepcional. Aprendeu a ler aos três anos e aos nove devorava livros em quantidades assustadoras. Tinha memória fotográfica, o que o permitia repetir praticamente tudo o que lia. Essa atividade mental alucinada fez com Einstein tentasse frear esse ímpeto. Ganhou conhecimento profundo sobre autores como Kafka, Shakespeare, Goethe, Schiller e especialmente Rilke. E, em 1931, alguns de seus escritos foram publicados. Nascido em 1910, reclamou de dores de cabeça e zumbido nos ouvidos desde cedo.

No final da adolescência, seu distúrbio mental se tornou sério. Entrou para a faculdade de medicina, mas a abandonou no terceiro semestre – ia às aulas acompanhado de um enfermeiro. Passou parte da vida internado. Morreu num hospital psiquiátrico, em 1965, na Suíça. O pai o visitou pela última vez em 1933; escreveu-lhe a última carta em 1944.

Rumo à geral

Em 1907, Einstein dá um passo decisivo rumo à generalização de sua teoria da relatividade restrita (ou especial) publicada dois anos antes. Em 1915, a relatividade geral, uma nova teoria da gravitação, estava pronta. De 1906 a 1911, Einstein praticamente deixou a relatividade para se dedicar à teoria quântica. A alternância entre ambas marcaria sua carreira.

A partir de 1909, Einstein começou a ganhar prestígio. Passou pela Universidade de Zurique, Universidade Alemã de Praga e retornou (ironicamente) para a Politécnica. Em 1913, aceitou ser membro da Academia Prussiana de Ciências. Era, agora, integrante de elite da física alemã.

Em 1914, seguiu para Berlim, com a família. Foi lá que sua faceta política floresceu. Assinou um manifesto contra a entrada da Alemanha na 1ª Guerra Mundial.

Logo depois da relatividade geral, apresentou ao mundo um modelo para explicar o universo. E, tão impressionante quanto, um livro de popularização sobre as teorias da relatividade. Em 1917, com três artigos, voltou à teoria quântica. Esses resultados seriam a base para a construção do laser, quatro décadas depois.

A comprovação histórica da relatividade geral, em 1919, tornou Einstein um fenômeno da mídia. Com a fama (quase mundial), vieram as primeiras manifestações nazistas contra ele e sua obra. Ameaçou deixar a Alemanha, mas foi dissuadido por colegas. Resolveu, no entanto, se afastar de Berlim, iniciando um período de viagens pelo mundo.

Fuga para os EUA

Na década de 1920, as homenagens cresceram na mesma proporção dos ataques nazistas contra Einstein. Em 1932, a situação tornou-se insustentável, e ele resolveu aceitar oferta para trabalhar em Princeton (EUA). Ele e a segunda mulher, a prima Elsa, partiram com a intenção de voltar. Porém, sua cabeça foi posta a prêmio por radicais – achou o valor, US$ 5 mil, surpreendentemente alto.

Depois de se estabelecer nos EUA, no início de 1933, nunca mais voltaria à Europa.

Seu último trabalho importante – encerrando um ciclo de quase um quarto de século como um dos maiores especialistas do mundo em mecânica estatística – foi feito em 1925. Nele, previu que um aglomerado de partículas poderia se comportar como um 'átomo gigante'. Em 1935, já em Princeton, publicou um artigo que punha em dúvida os rumos tomados pela teoria quântica e que foi fundamental para dar fôlego ao debate que ele e o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) travavam desde 1927 – e que se estendeu até a morte de Einstein, em 1955. Nos EUA, dedicou-se à unificação dos fenômenos eletromagnéticos e gravitacionais. Até hoje, essa tarefa atormenta os físicos.

Disse o físico alemão Max Born (1882-1970): Einstein poderia nunca ter escrito uma só linha sobre a relatividade, e mesmo assim seria um dos maiores físicos deste século. Agora, a ciência, foco de sua vida emocional, cedia parte de seu tempo para a militância política. As bombas nucleares lançadas sobre o Japão o deixaram arrasado. Passou, então, a defender uma base política supranacional para fortalecer a paz mundial. Foi chamado de ingênuo e atacado por capitalistas e socialistas.

Einstein também foi paradoxal. Como internacionalista, defendeu a identidade do povo judeu, mas recusou a presidência do Estado de Israel quando esta lhe foi oferecida, em 1952. Como pacifista, disse que o nazismo deveria ser enfrentado com armas; como humanitário, deu pouca atenção à própria família.

Não há biografia definitiva de Einstein. E provavelmente nunca haverá.

EXTRA

Fracassos: pai e marido

Em 16 de abril de 1955, Hans Albert chegou a Princeton, para visitar o pai. Dois dias depois, seu pai, já internado, morreria, às primeiras horas da manhã.

O encontro pode ter sido um tipo de reconciliação. Ou melhor: talvez, a chance de Einstein se redimir de seus equívocos como pai e marido. “Viver em duradoura harmonia com uma mulher foi uma tarefa na qual falhei desgraçadamente por duas vezes”, lamentou em carta à viúva de Michele Besso (1873-1955), amigo e único mortal a receber um agradecimento no texto final da teoria da relatividade especial, publicada em 1905.

A separação de Mileva veio em 1914 – mãe e filhos voltariam para Zurique. O divórcio viria em 1919. Dificuldades com Tete levariam Mileva, nas décadas seguintes, a um tipo de paranoia.

Mileva morreu em 1948, acumulando no colchão uma pequena fortuna: parte dos então US$ 32 mil, quantia que Einstein havia recebido pelo prêmio Nobel de 1921.

Hans Albert declarou: “Provavelmente, sou o único projeto do qual meu pai desistiu em toda sua vida”. Einstein sabia disso. Certa vez, resumiu com triste genialidade: “Devo procurar nas estrelas o que me é negado na terra”.

EXTRA

Doutorado: mais citado que a relatividade

Qual o trabalho Einstein mais citado na literatura moderna? Teoria da relatividade geral, já classificada como a maior obra intelectual feita por um só homem no século passado? Não. O efeito fotoelétrico, seu artigo mais revolucionário, no qual introduz o conceito de *quantum* de luz (mais tarde, batizado fóton)? Também não.

Antes da resposta certa, vale citar um trecho de *Sutil é o Senhor* (Editora Nova Fronteira, 1955), do físico holandês Abraham Pais (1918-2000), a mais ampla biografia científica de Einstein. “É evidente que as frequências relativas de citação não são uma medida da importância relativa. Quem não desejou um dia escrever um artigo tão fundamental que rapidamente fosse conhecido por todos e não fosse usado por ninguém como citação?”

Entre 1970 e 1974, a tese de doutorado, também de 1905, figura em primeiro lugar entre os artigos mais citados de Einstein.

Segundo Pais, "quatro vezes mais que o artigo de revisão de 1916 sobre a teoria da relatividade e oito vezes mais que o de 1905 sobre o *quantum* de luz".

Como explicar que um trabalho que aparece pouco – mesmo em livros que têm o foco na vida e obra de Einstein – seja o mais citado? Pais dá um dos motivos: a tese, que trata das propriedades volumétricas de partículas em suspensão, tem mais aplicações práticas que qualquer outro artigo de Einstein. O trabalho é relevante para a área da construção civil (movimento de partículas de areia na preparação do cimento); na indústria de alimentos (movimento de micelas de caseína no leite de vaca); na ecologia (movimento de aerossóis nas nuvens), entre outros.

"Einstein gostaria de ouvir isto, visto que lhe agradava intensamente poder aplicar a física a situações práticas", revela Pais.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Mais!*, da *Folha de S. Paulo* (17/12/00)]

UM SÉCULO DO QUANTUM

A natureza descontínua da energia

com Antonio Augusto Passos Videira, UERJ

Em 14 de dezembro de 1900, em um passeio matinal por Grünewald, bosque no subúrbio de Berlim, o físico alemão Max Planck disse a seu filho mais velho, Karl, que havia chegado a um resultado científico tão importante quanto os alcançados dois séculos antes por sir Isaac Newton (1642-1727).

Na tarde daquele dia, na Sociedade Alemã de Física, Planck, ao anunciar esse resultado, inaugurava a teoria quântica, que rege os fenômenos naturais na escala dos átomos e das moléculas. Juntamente com a teoria da relatividade, ela forma as duas colunas

Max Planck
Crédito: Wikimedia Commons

que sustentam a física contemporânea. A hipótese de Planck era simples, mas se mostrou revolucionária: na natureza, a energia só é gerada e absorvida em diminutos pacotes denominados *quanta* (no, singular, *quantum*). Ao propor essa descontinuidade, Planck rompia com uma tradição de séculos que tinha a energia como um tipo de fluxo contínuo.

Cientista conservador, Planck não achou que seu *quantum* de luz fosse algo mais que um 'artifício' para resolver a questão sobre a qual ele e parte significativa da comunidade de físicos da época se debruçavam. O problema passou a lhe interessar em meados da década de 1890. Em 1931, em carta ao físico inglês Robert Wood (1868-1955), Planck relembrou que a proposição do *quantum* "foi um ato de desespero, porque, por natureza, sou pacífico e contra aventuras dúbias [...] Porém, o problema tinha de ser resolvido a qualquer preço. Eu estava pronto para qualquer sacrifício das minhas convicções físicas [...] Eu tinha de chegar a um resultado positivo".

O problema a que Planck se referia diz respeito a como a energia (ou a radiação) interage com a matéria. À época, a física já enfrentava com dificuldades fenômenos então recém-descobertos, como a radioatividade, os raios X, o elétron e a chamada radiação do corpo negro – este último, o alvo de Planck. Pode-se imaginar um corpo negro como um forno aquecido, com as paredes internas pintadas de preto e um pequeno orifício em sua estrutura. A radiação que escapará pelo buraco é semelhante àquela emitida por qualquer material aquecido (metal, porcelana, vidro etc.).

Quando a temperatura está por volta de 100 ^{0}C, sente-se a radiação emitida apenas na forma de calor (ou infravermelho). Quando elevada para cerca de 600 ^{0}C, passa-se a ver a cor vermelha, até que, ao atingir a casa dos 2 mil ^{0}C , o branco (ou seja, a mistura de todas as cores visíveis) torna-se predominante, como acontece com o filamento de uma lâmpada caseira.

No final do século 19, já se sabia que, para cada temperatura, havia uma cor (ou frequência) predominante. E mais: sabia-se que essa cor predominante se deslocava em direção a ondas mais ener-

géticas, à medida que aumentava a temperatura do corpo. Ainda em 1859, o físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887) havia demonstrado que a intensidade da radiação emitida era a mesma para qualquer material, independentemente da geometria do corpo – uma barra de ferro ou um pedaço de porcelana se comportam de modo semelhante. E isso intrigava físicos como Planck, já um renomado especialista em termodinâmica (estudo dos fenômenos físicos que envolvem calor).

À época, duas leis tentavam dar uma explicação para a radiação emitida por um corpo negro. A primeira, proposta empiricamente em 1896 pelo físico alemão Wilhelm Wien (1864-1928), conseguia descrever a intensidade de radiação na faixa das frequências mais altas. Porém, apresentava discrepâncias em frequências mais baixas. Esse trecho do espectro emitido era bem explicado por outra lei, a de Rayleigh-Jeans, batizada em homenagem a seus criadores, John Strutt (1842-1919) – mais tarde, lorde Rayleigh – e James Jeans (1877-1946), ambos britânicos.

Catástrofe ultravioleta

No entanto, a lei de Rayleigh-Jeans levava a um tipo de incoerência que incomodava os físicos à época: a catástrofe ultravioleta. Segundo essa lei, a energia irradiada por qualquer corpo aquecido seria infinita e, assim, seria extremamente perigoso se aproximar até de uma inofensiva xícara de chá quente. A física dita clássica – na qual a lei Rayleigh-Jeans se baseava – previa que esses objetos emitiriam, em intensidade significativa, radiação ultravioleta (daí o nome), ou mesmo radiações ainda mais energéticas, como os raios X e os raios gama.

E a experiência do dia a dia, claro, desmentia essa previsão.

Nessa altura, vale uma pausa para um comentário relevante. É comum que os livros-texto relatem a origem da teoria quântica a partir de uma 'crise' da física clássica – incluída aí a tal 'catástrofe ultravioleta' –, que não conseguiria explicar a interação da matéria com a energia. Para o historiador da física dinamarquês Helge Kragh, essa versão é totalmente infundada. Segundo ele, o início da

física quântica se deve ao imenso conhecimento de Planck sobre a área da termodinâmica "Essa história [de crise da física clássica] é um mito que tem muito mais de um conto de fadas do que de verdade histórica. A teoria quântica não deve sua origem a qualquer falha da física clássica, mas, sim, à profunda intuição [*insight*] de Planck em relação à termodinâmica", escreveu Kragh em 'Max Planck: the reluctant revolutionary' (Max Planck: revolucionário relutante; *Physics World,* dezembro de 2000, pp. 31-35).

Planck resolveu abordar o problema num sentido inverso. Primeiro, deduziu uma expressão matemática que descrevia corretamente a distribuição de energia de um corpo negro, sem, naquele momento, entender muito bem suas implicações. Ele anunciou essa fórmula para a Sociedade de Física de Berlim, ainda em 19 de outubro de 1900. O físico alemão Heinrich Rubens (1865-1922) assistiu à apresentação de Planck e passou a noite em claro, comparando a proposta com seus dados experimentais. No dia seguinte, levou suas conclusões para o colega.

A fórmula tinha grande poder de previsão.

Nos dois meses seguintes, Planck mergulhou em trabalho árduo para tentar revelar o significado de duas constantes que apareciam em sua fórmula. "Depois de algumas poucas semanas do mais extenuante trabalho de minha vida, a escuridão se iluminou", relatou Planck em conferência de 1920, ao receber o Nobel de Física.

Inicialmente, Planck atacou a questão a partir da teoria eletromagnética do físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879) e da termodinâmica. Confessou mais tarde que, se tivesse usado a teoria dos elétrons, do físico holandês Hendrik Lorentz (1853-1928), os cálculos teriam sido simplificados. "Eu não acreditava na existência dos elétrons", disse o então antiatomista convicto.

Mas o ponto decisivo no intenso trabalho foi a escolha da mecânica estatística criada no século 19, principalmente pelo físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906). Não foi uma decisão fácil para Planck: em cerca de 40 trabalhos publicados, nunca havia usado essa interpretação probabilística da termodinâmica.

Com esse novo ferramental teórico, Planck, então, formulou sua hipótese mais ousada: a energia seria gerada e absorvida em pacotes, os *quanta*, e não de forma contínua. Cinco anos depois, o então jovem físico Albert Einstein (1879-1955) notaria que, sem a hipótese do *quantum*, nenhuma teoria para explicar a radiação do corpo negro conseguiria escapar da catástrofe ultravioleta.

Nos primeiros cinco anos, o *quantum* de energia praticamente não foi usado pelos físicos para tentar resolver problemas relacionados à estrutura da matéria e da radiação. Em entrevista à *Folha*, por e-mail, o historiador da ciência Jonh Heilbron, autor da principal biografia de Planck, *The Dilemmas of an Upright Man* (Os dilemas de um homem correto; Harvard University Press, 1986), diz que, até 1905, a hipótese de Planck "não tinha significado especial, a não ser seu uso no cálculo da constante de Boltzmann, a partir de medidas da radiação do corpo negro". Além disso, o *quantum* disputava o reconhecimento com descobertas feitas pouco antes: os raios X (1895), a radioatividade (1896), o elétron (1897) e o elemento rádio (1898).

"Planck lançou ao solo uma semente de dúvida. Dela, haveria de nascer uma nova física", afirmou a historiadora da ciência Barbara Lovett Cline. Aos cem anos, a teoria quântica passou por severos testes experimentais e foi confirmada a distâncias impensavelmente pequenas. É a mais bem-sucedida teoria física da história.

Revolucionário relutante

Em seu livro *Thematic Origins of Scientific Thought* (Origens temáticas do pensamento científico; Harvard University Press, 1988), o físico e historiador da ciência norte-americano Gerald Holton afirma que as profundas implicações do *quantum* só começaram ser entendidas "com mais abrangência, em intensidade que variava de país para país, depois do Congresso de Solvay [1911]", um dos mais importantes deste século.

As dificuldades em aceitar alguns dos desdobramentos de sua hipótese inicial transformaram Planck em um "revolucionário relutante", como ele é comumente classificado. "As minhas tentativas fúteis de encaixar de alguma forma o *quantum* elementar de ação

[como Planck o batizou em 1900] na teoria clássica continuaram por um certo número de anos, e elas me custaram um esforço imenso. Muitos de meus colegas viram isso como sendo algo na fronteira de uma tragédia. Mas eu vejo isso de uma forma diferente. [...] Agora, no entanto, sei que o *quantum* elementar de ação desempenhou um papel muito mais significativo na física do que aquele que eu estava inicialmente inclinado a suspeitar", confessou Planck em sua autobiografia científica, de 1948.

Holton vê essa relutância como 'agonia'. Planck, cuja visão de mundo se baseava nos princípios da física clássica, foi obrigado a rever tudo em que acreditava. "Planck não pensou que tivesse feito algo de revolucionário, ou peculiar, ao introduzir [o *quantum*] e, mesmo depois que Einstein, Lorentz e Ehrenfest [Paul, físico austríaco, 1880-1933] demonstraram a incompatibilidade com a física clássica, Planck procurou minimizar a inovação", disse o historiador John Heilbron à *Folha*.

Curiosamente, a revolução que Planck renegava acontecia em uma época em que se acreditava que a física era um corpo quase completo, acabado, de conhecimento humano. Nesse sentido, ficou famoso o discurso feito pelo físico escocês William Thomson (1824-1907), mais tarde lorde Kelvin, na Royal Society, em 27 de abril de 1900.

Em sua palestra, Kelvin dizia que "apenas" duas nuvens obscureciam o céu cristalino da física do final do século 19. A primeira dizia respeito à existência do éter, um sólido então pensado como inelástico, que serviria de suporte para a transmissão das ondas eletromagnéticas (ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama). A segunda nuvem eram discrepâncias que a física clássica se mostrava incapaz de tratar, ao se aplicarem as teorias de Maxwell e Boltzmann à emissão de radiação pela matéria.

Não há consenso entre historiadores da física sobre o significado e alcance dessas palavras de Kelvin. Mesmo assim, é interessante notar que da primeira nuvem nasceria a teoria da relatividade restrita, proposta por Einstein em 1905, que dizimaria a possibili-

dade de existência do éter. Da segunda, surgiria a teoria quântica, com Planck, poucos meses depois do discurso de lorde Kelvin.

Em 1905, Einstein, ao generalizar a hipótese do *quantum*, transtornou ainda mais as já abaladas convicções de Planck, para quem o *quantum* nada tinha a ver com as propriedades ondulatórias da radiação, mas, sim, com propriedades internas da matéria. Einstein, então um técnico de patentes em Berna (Suíça), publicou artigo mostrando que a luz era formada por *quanta*, isto é, por partículas (mais tarde, denominadas fótons).

Planck, reticente, rejeitou esse resultado de Einstein. Um exemplo dessa recusa está na recomendação, em 1913, para ingresso de Einstein na Academia Prussiana de Ciências. A carta, elogiosa, dizia que não havia quase problema da física moderna para o qual Einstein não tivesse dado contribuição notável. Mas, em relação ao fóton, havia uma ressalva: "Que ele, às vezes, tenha errado o alvo em suas especulações, como em sua hipótese dos '*quanta* de luz', não pode ser levado muito a sério, pois não é possível introduzir ideias verdadeiramente novas, mesmo nas ciências exatas, sem correr alguns riscos, de vez em quando".

Aceitar a hipótese do *quantum* – que Planck denominou "intrusa, monstruosa e, para a imaginação, de uma arrogância quase insustentável" – era renunciar "a todos os frutos do grande trabalho de Maxwell", que estariam perdidos, caso se levasse a sério algo que não passava "de uma especulação dúbia".

Em relação à radiação do corpo negro, Planck confessou ter tido, por certo tempo, a esperança de que "as leis da eletrodinâmica clássica, se aplicadas de modo suficientemente geral e acrescidas de hipóteses apropriadas, seriam suficientes para explicar os pontos essenciais do fenômeno estudado e levariam ao objetivo desejado".

Repúdio às próprias ideias

Essa busca incessante levou Planck a várias reformulações de sua teoria inicial. Até 1912, viu com profundo ceticismo a ideia que criara – a descontinuidade o repugnava desde o início. A partir daí,

mudou sua abordagem: os *quanta* só estariam envolvidos na emissão da energia. A absorção deveria mesmo ser contínua, como se pensava antes de seu trabalho de 1900. Dois anos depois, foi ainda mais severo: chegou a abrir mão da descontinuidade nos processos de absorção e emissão de energia, deixando-a apenas para a interação entre "partículas de matéria", ou seja, interação entre átomos.

Para Lorentz, o físico mais importante da época, Planck desabafou, em carta de 1910: "Coloquei a descontinuidade onde ela poderá causar menos danos". E para o colega Ehrenfest: "Odeio a descontinuidade da energia, mais ainda a descontinuidade da emissão".

Essa resistência acontecia em um cenário que se mostrava contrário a Planck. Em 1907, Einstein, mais uma vez baseando-se em Planck, inaugurou a teoria quântica da matéria, ao descrever o chamado calor específico dos sólidos, ou seja, a quantidade de calor necessária para fazer um grama de matéria aumentar sua temperatura de um grau. Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) aplicou a hipótese do *quantum* para explicar a estabilidade do átomo.

Mais evidências vieram, mas Planck ainda se mostrava incrédulo e insatisfeito. Edwin Kemble (1889-1984), nos EUA, em uma tese pioneira naquele país, mostrou que a absorção de energia também deveria ser descontínua, refutando a revisão de Planck. Em 1915, o físico norte-americano Robert Millikan (1868-1953) provou que os fótons têm realidade física – a contragosto, já que pretendia chegar ao resultado contrário. Porém, esses resultados não conseguiram dizimar as dúvidas sobre a existência das partículas de luz. As provas cabais viriam em 1925, depois dos resultados de dois experimentos, um nos EUA e outro na Alemanha.

Ao estudar a radiação do corpo negro, Planck foi motivado pela crença na busca do absoluto, "a mais seleta tarefa científica", que classificava como aquilo que "manteria seu significado para a eternidade, para todas as civilizações, mesmo extraterrestres e não-humanas".

O significado físico de sua descoberta nunca chegou a tocar profundamente sua alma de cientista e filósofo. O criador estra-

nhou sua criatura e, por vezes, tentou livrar-se dela. Sua constante, h (6,67x 10^{-32} Js), cuja pequenez faz dos fenômenos quânticos algo sem valor no mundo dos objetos macroscópicos de nosso cotidiano, pareceu-lhe deslocada no interior da "amada ciência".

Com resignação serena, Planck, ao final da vida, sintetizou o modo como o *quantum* se tornou uma das ideias mais fundamentais da física: "Uma inovação científica importante raramente se impõe, vencendo gradualmente e convertendo seus oponentes [...] O que acontece é que seus oponentes gradualmente vão morrendo, e a geração seguinte se familiariza, desde o início de sua formação, com as novas ideias."

Conservadorismo e tragédias

Max Karl Ernst Ludwig Planck nasceu em Kiel (norte da Alemanha), em 23 de abril de 1858. Aos nove anos, mudou-se com sua família para Munique (sul), mas sempre disse que Kiel era sua "autêntica pátria".

Fez seus estudos superiores na Universidade de Munique. Foram três anos de graduação. No ano seguinte, foi para Berlim, estudar com renomados cientistas de sua época: Hermann von Helmholtz (1821-1894) e Gustav Kirchhoff (1824-1887). Em Berlim, Planck leu os trabalhos de Rudolph Clausius (1822-1888), que seria sua principal influência na termodinâmica, área na qual se tornou um dos maiores especialistas de seu tempo.

De volta a Munique, Planck obteve, em 1879, seu doutorado, com uma tese sobre a segunda lei da termodinâmica. Em 1885, tornou-se professor extraordinário na Universidade de Kiel, para, quatro anos depois, assumir o mesmo posto na Universidade de Berlim. Passou a catedrático em 1892, em uma época em que só havia duas cátedras para teóricos na Alemanha. Manteve esse cargo até os 70 anos, quando se aposentou e passou a dar palestras pela Europa sobre um tema que lhe era muito caro: ciência e religião.

Suas aulas, apesar de meticulosamente bem preparadas, não entusiasmavam os alunos. Tinha preferência por orientar es-

tudantes dos primeiros anos dos cursos de graduação, mas teve poucos discípulos e formou poucos doutores. Apesar de ocupar postos importantes na estrutura acadêmica, Planck dedicou parte de seu tempo a reformular o currículo de física das escolas médias alemãs, defendendo o fortalecimento das aulas de laboratório nessa disciplina.

Planck foi educado em um ambiente religioso, mas liberal e ecumênico. Era profundamente religioso, porém nunca se vinculou a nenhuma igreja. Ao longo de sua vida, norteou-se por "respeito à lei, confiança nas instituições estabelecidas, obediência ao dever e honestidade absoluta", como escreveu o historiador da física John Heilbron na biografia *Dilemmas of an upright man* (Dilemas de um homem correto; Harvard University Press, 1986).

Planck nunca deu sinais de genialidade, seja na física, seja em qualquer outro domínio. "Aliás, nunca acreditou ter um talento especial para a física", diz Heilbron. Mas ia bem na escola, em todas as disciplinas, especialmente em música, o que fez dele um exímio pianista, tendo acompanhado várias vezes Einstein ao violino.

Foi um conservador que promoveu a carreira de revolucionários, como a de Einstein, a de Max von Laue (1879-1960), seu principal discípulo, e a da física Lise Meitner (1878-1968), codescobridora da fissão nuclear.

Apesar de inicialmente cético quanto à entrada de mulheres na universidade, Planck foi um dos primeiros catedráticos alemães a defender publicamente o direito de as mulheres ingressarem na vida universitária, o que ficou evidenciado por sua escolha de Meitner como assistente, no início da década de 1910.

As reticências de Planck em aceitar os desdobramentos radicais de sua obra não o impediram de reconhecer o valor de novas teorias. Ainda em 1906, promoveu um seminário para discutir as alterações dos conceitos de tempo e espaço propostas pela teoria da relatividade especial, publicada um ano antes por Einstein. Foi Planck quem lhe deu o nome de 'teoria da relatividade' – Einstein preferia, então, 'princípio'.

Sob Hitler

Seu conservadorismo ia além da física. "Lealdade ao Estado e orgulho patriótico eram valores inquestionáveis", segundo o historiador Fritz Stern, em *Einstein's German World* (O mundo alemão de Einstein; Princeton University Press, 1999).

Mesmo tendo sido admirado pela extrema integridade pessoal, Planck adotou no regime nazista posições que foram criticadas por colegas e amigos, como Von Laue e Einstein. Considerava que a Alemanha e sua cultura estavam acima do regime de Hitler, o que o levou a permanecer no país para tentar salvar o que fosse possível da ciência germânica. A amizade entre Planck e Einstein ficou irremediavelmente abalada.

Sua vida pessoal foi marcada por tragédias. Na Primeira Guerra, seu filho mais velho, Karl, morreu em combate. Perdeu duas filhas gêmeas por complicações no parto. Mas seu maior infortúnio foi o fuzilamento do filho mais novo, Erwin, acusado de ter colaborado com os responsáveis pelo atentado frustrado (Operação Valquíria) contra Hitler em 1944. Tentou desesperadamente salvar Erwin, que acabou executado no início de 1945. Em carta ao físico alemão Arnold Sommerfeld (1868-1951), de 23 de janeiro daquele ano, Planck exprimiu seu estado de espírito: "Tiraram de mim o amigo mais querido e mais próximo. Minha dor não pode ser expressa em palavras".

Planck morreu em 4 de outubro de 1947, após um longo período de doença. No ano anterior, o governo alemão fundou a Sociedade Max Planck para o Avanço da Ciência, para prosseguir com seus ideais científicos. Sua imagem foi estampada na moeda de 2 marcos em 1958.

Em cerimônia da Academia de Ciências dos EUA de 1948, Einstein prestou-lhe uma homenagem. Escreveu: "Um homem a quem foi dada a oportunidade de abençoar o mundo com uma grande ideia criativa não precisa do louvor da posteridade. Sua própria façanha já lhe conferiu uma dádiva maior". No entanto, o obituário é, de certo modo, frio e contido, apesar de Planck ter

sido o grande incentivador da carreira de Einstein. Mas este nunca conseguiu perdoar o holocausto e o fato de Planck nunca ter enfrentado o governo nazista, como fez, por exemplo, Max von Laue, com quem Einstein manteve amizade até o fim da vida.

EXTRA

David Cassidy: a física e a política

David Cassidy é hoje um dos mais importantes historiadores da física. Professor de Ciências Naturais na Universidade de Hofstra, em Nova York (EUA), é autor de *Uncertainty: the life and science of Werner Heisenberg* (Incerteza: a vida e a ciência de Werner Heisenberg, W.H. Freeman, 1992), a mais completa biografia já escrita do físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976), e de *Einstein and our world* (Einstein e o nosso mundo, Humanity Books, 1998), análise informativa e acessível sobre a vida e o impacto da obra de Einstein em outros campos da cultura – uma pequena obra-prima.

Cassidy é o responsável por uma página na Internet (http://www.aip.org/history/heisenberg/) cujo foco principal é Heisenberg. Em entrevista à *Folha*, ele comenta o relacionamento entre Planck, Einstein e Heisenberg nos anos do regime nazista na Alemanha (1933-1945).

Como foi a relação entre Einstein e Planck na década de 1920, período no qual houve um crescente preconceito na Alemanha contra os judeus e contra as ideias de Einstein?

O preconceito público contra os judeus na década de 1920 envolveu principalmente pessoas que não pertenciam à academia. No entanto, dois ganhadores do prêmio Nobel estavam entre elas: Philipp Lenard (1862-1947) e Johannes Stark (1874-1957). Mas homens de princípio, como Max Planck e Arnold Sommerfeld, defenderam Einstein.

Logo depois da Segunda Guerra Mundial, Einstein, então vivendo nos EUA, foi convidado a retornar à Alemanha e recusou o convite. Isso implicaria que Einstein tinha certo ressentimento contra cientistas alemães, inclusive Planck?

Einstein manteve alguns ressentimentos em relação a muitos cientistas alemães. Sabe-se que, quando alguém viajava para a Alemanha e perguntava a Einstein a quem ele gostaria de enviar felicitações, o único nome mencionado era o de Max von Laue. Minha impressão é que Einstein sentia que Planck deveria ter feito mais. Mas, como Planck já era um homem idoso, Einstein percebeu que havia limites para o que um homem da idade de Planck poderia fazer. Assim, quando Planck morreu, Einstein escreveu um obituário, elogiando-o pela sua grande ideia criativa, isto é, o *quantum*, e por sua dedicação em prol do ideal da busca pela verdade.

Qual foi a natureza da relação entre Planck e Heisenberg durante o regime nazista? E depois da Segunda Guerra?

A relação entre Planck e Heisenberg foi muito próxima no que diz respeito a consultas sobre como proceder em relação ao regime nazista. Mas eles não eram próximos, nem profissionalmente, nem pessoalmente. Como descrevo em meu livro sobre Heisenberg, Planck era o físico mais importante da Alemanha e a autoridade moral mais respeitada entre os físicos. Heisenberg era um jovem pesquisador em busca de conselhos de uma autoridade moral sobre como proceder frente ao regime nazista. Depois da Segunda Guerra, Planck já estava muito velho e doente. Heisenberg procurou se aconselhar politicamente com outros, quando isso se fez necessário.

Heisenberg teria procurado se aconselhar com Max Planck sobre o programa alemão da bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial?

Planck não tinha nenhuma informação a dar sobre a bomba atômica, uma vez que ele não trabalhou nessa área. Ele já estava aposentado. Não conheço nenhum indício de que Heisenberg tenha ido a Planck em busca de aconselhamento moral sobre a pesquisa atômica, embora isso possa ter acontecido.

Quando Planck recomendou Einstein para a Academia Prussiana de Ciências, ele descreveu as contribuições de Einstein para a física teórica como muito importantes. No entanto, ele alimentava algumas reservas quanto à ideia do fóton. Mais tarde, Planck tentou se livrar do conceito de descontinuidade no processo de absorção. Como Einstein reagiu a essas tentativas?

Einstein acolheu bem as tentativas de Planck de deixar de lado o conceito de descontinuidade, já que Einstein também não gostava dele. Einstein sempre achou que as teorias daquela época eram incompletas, porque elas permitiam a existência do *quantum*, e que, no futuro, uma teoria completa não teria esse conceito de descontinuidade. No entanto, Einstein percebeu que não havia nenhuma possibilidade de se livrar da descontinuidade sem uma nova teoria ainda mais radical que a mecânica quântica, e ele e muitos outros físicos achavam que todas as tentativas de Planck eram inadequadas.

Nos últimos anos, alguns autores vêm reexaminando o papel de Heisenberg no período nazista. Eles sugerem que Heisenberg era ambicioso, egoísta – negando-se a ajudar colegas em dificuldades – e colaboracionista. A posição política de Heisenberg no nazismo deveria ser revista?

Muito se tem debatido sobre a posição de Heisenberg no regime nazista. Escrevi uma biografia de 600 páginas sobre ele, que inclui uma análise detalhada sobre sua posição política. Muitos acham que minha versão é convincente e que não há necessidade de revisão.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Mais!*, da *Folha de S. Paulo*, em 04/05/97]

100 ANOS DO ELÉTRON

A partícula que mudou a história do átomo

Provar que o átomo podia ser dividido em partículas menores não foi tarefa fácil para a ciência. A descoberta do elétron, a partícula de carga negativa que habita o interior do átomo, foi resultado de quase cem anos de construção de parafernálias experimentais, muita tinta, papel e raciocínio de vários cientistas.

Tudo isso para entender fenômenos intrigantes que surgiam quando a eletricidade interagia com sólidos, líquidos e gases. Desde a Antiguidade, os fenômenos elétricos despertaram interesse. Mas foi só nos séculos 18 e 19 que a eletricidade se tornou um campo avançado de estudos.

J. J. Thomson
Crédito: Wikimedia Commons

Entretanto, os fenômenos naturais elétricos eram incontroláveis e difíceis de serem estudados. Portanto, era preciso bolar instrumentos para reproduzi-los e controlá-los nos laboratórios. Dentre as aparelhagens criadas, uma foi vital para a descoberta do elétron. Esse instrumento era um tipo de 'bisavô' dos tubos de televisão modernos. Seu formato lembrava uma lâmpada caseira com um bulbo na ponta e um 'pescoço' alongado, de quase dois metros de comprimento. Em seu interior, vácuo.

Logo se notou que, quando esse tubo era ligado a uma bateria, uma luz esverdeada aparecia perto do polo negativo.

À medida que se aprimorava a aparelhagem e se idealizavam novas experiências, a natureza dos raios catódicos – como a luz esverdeada foi batizada – mostrava-se mais intrigante. Por exemplo, os raios catódicos pareciam ser sempre iguais, independentemente dos metais usados nos polos do tubo. Viajavam em linha reta, mas essa trajetória era entortada quando eles passavam perto de um ímã potente colocado nas proximidades do tubo.

Experiências e cálculos foram feitos, mas a natureza dos raios catódicos estabeleceu um dilema na comunidade científica. Para os britânicos, eles eram formados por corpúsculos. Para os alemães, eram ondas, resultado da vibração do éter – um meio invisível que se acreditava permear o espaço.

Para acirrar mais o debate, várias experiências, algumas malfeitas e outras mal interpretadas, davam sustentação às duas hipóteses. Nesse clima de disputa e incerteza, os experimentos de Joseph John Thomson (1856-1940) foram decisivos para mostrar que os raios catódicos eram partículas negativas menores do que o átomo.

Por volta de 1895, Thomson, diretor do Laboratório Cavendish, em Cambridge (Reino Unido), era um cientista experiente. Estudava a passagem da eletricidade por tubos com gás havia cerca de dez anos, porque acreditava que essa linha de pesquisa ainda acabaria revelando um segredo sobre a estrutura da matéria.

Não está claro por que Thomson resolveu estudar os raios catódicos, mas com certeza ele se dedicou com afinco à tarefa. Como

o debate sobre a natureza dos raios ainda estava quente, Thomson, engenhoso, resolveu repetir dois experimentos importantes, mas de resultados contraditórios.

Ele desconfiou das conclusões de uma experiência feita por Heinrich Hertz (1857-1894). Nela, o físico alemão mostrou que a trajetória dos raios catódicos não era entortada por uma placa de metal ligada ao polo positivo de uma bateria. Segundo uma lei básica da física, cargas elétricas de sinais trocados se atraem. Já que nada aconteceu, Hertz concluiu que os raios catódicos não eram corpúsculos elétricos, mas deveriam ser um tipo de onda.

O primeiro experimento que Thomson repetiu foi o do físico francês Jean Baptiste Perrin (1870-1942). Concluiu que os raios catódicos eram partículas carregadas negativamente, provavelmente menores do que o átomo. Ao refazer os experimentos de Hertz, Thomson mostrou que o feixe de raios catódicos era, sim, atraído pelo polo positivo da bateria. Ele mostrou ainda que o mesmo fenômeno acontecia quando os raios passavam nas proximidades de um ímã poderoso.

A essa altura, Thomson já estava convencido de que os raios eram partículas negativas, menores do que o átomo. Mas isso não bastava. Era preciso fazer medições que provassem sua hipótese.

Se os raios eram corpúsculos, eles tinham massa. Se eram carregados de eletricidade, tinham uma carga elétrica. Thomson montou um experimento cuidadoso e percebeu que, se medisse a velocidade das partículas, conseguiria deduzir um número equivalente à divisão da massa pela carga dos corpúsculos.

Depois de muito esforço, Thomson chegou à velocidade e, consequentemente, à relação entre a massa e a carga. Os resultados eram muito semelhantes, independentemente dos metais usados como polos no tubo. Tudo indicava que os raios catódicos eram um tipo de unidade básica que formava todo tipo de matéria.

Em 30 de abril de 1897, em uma palestra na Royal Society, em Londres, Thomson anunciou seus resultados: i) o átomo era divisível, formado por corpúsculos de carga negativa; ii) os corpúsculos tinham sempre a mesma massa e carga elétrica, indepen-

dentemente do tipo de material que os emitia; iii) essas partículas subatômicas eram cerca de mil vezes menores do que o átomo de hidrogênio.

A existência do elétron estava comprovada. Mas anunciá-la não foi decisão fácil para Thomson. Na verdade, foi uma hipótese desesperada para explicar os resultados de suas experiências. "Poucos acreditavam na existência de corpúsculos menores do que o átomo. Eu mesmo aceitei essa hipótese com grande relutância", lembrou Thomson em suas memórias.

O anúncio de uma nova partícula incomodou muita gente. O químico russo Dmitri Mendeleiv (1834-1907), pai da tabela periódica dos elementos químicos, chegou a escrever um livro satirizando a hipótese do elétron.

Mas, se o átomo era divisível, faltava explicar como os elétrons estavam distribuídos dentro dele. 'JJ', como era conhecido entre os amigos, propôs seu próprio modelo, com base em ideias que já circulavam à época: o átomo parecia um 'pudim' de passas, sendo os elétrons as passas incrustadas numa massa de cargas positivas.

O 'pudim' de Thomson permaneceu como modelo até 1911, quando o físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) mostrou que o átomo parecia mais com um sistema solar, com um núcleo de cargas positivas (prótons), fazendo o papel do Sol, e os elétrons girando em volta dele, como planetas.

Hoje, a física conhece várias outras partículas, e o modelo do átomo já foi muito aprimorado. Prótons e nêutrons não resistiram à força dos grandes aceleradores de partículas e foram estilhaçados em partículas menores, os *quarks*. Mas o elétron resiste bravamente e permanece inquebrável.

Até sua morte, em 1940, Thomson manteve-se afinado com a física de seu tempo. Seu nome permanecerá na história como o cientista que corajosamente dividiu o 'indivisível' e transformou cerca de 2 mil anos de história.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Ciência*, da *Folha de S. Paulo*, em 20/02/2005]

NEUTRINOS

O nascimento da partícula-fantasma

"Caros Senhoras e Senhores Radioativos." Começava assim a carta de 4 de dezembro de 1930 do físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958) à sua colega e compatriota Lisa Meitner (1878-1968). Aquela página deveria ser lida para os participantes de um encontro científico em Tübingen (Alemanha). Pauli se desculpava pela ausência –teria de ir a um baile em Zurique (Suíça) – e aproveitava para propor uma hipótese e, com isso, solucionar um mistério que molestava a física da época.

A hipótese proposta: a existência de uma nova partícula, além das três então conhecidas: o elétron (carga elétrica negativa), o próton (positivo e habitante do núcleo atômico) e o fóton (partícula de

Wolfgang Pauli
Crédito: Wikipédia/ Nobel foundation

luz). O mistério que estava sendo resolvido: o decaimento beta, um tipo de radioatividade emitida por certos núcleos atômicos.

Desde 1914, já se notava algo estranho com esse fenômeno, no qual – como se observava à época – um elétron era 'cuspido' do núcleo. Porém, as contas do balanço energético não fechavam. Ao somar a energia do elétron expelido com a do novo núcleo produzido pelo decaimento, faltava ainda um 'naco' – quase imperceptível, é verdade – de energia.

Isso intrigava os especialistas. O físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), num ato de desespero, chegou a defender que a conservação de energia – um tipo de Santo Graal da física – não valeria para o decaimento beta. Só se redimiu dessa heresia em 1936.

Acreditou-se, inicialmente, que, em conjunto com o elétron, um raio gama era emitido. Porém, dois experimentos, em 1927 e 1930 – o segundo deles feito pela própria Meitner –, não comprovaram a suspeita. E a crise se avolumou.

Na carta, Pauli perfilou a nova partícula. Ela seria neutra (sem carga elétrica), praticamente sem massa e expelida juntamente com o elétron, carregando com ela o filão de energia faltante. Dois anos depois, o nêutron (companheiro do próton no núcleo e também sem carga) foi descoberto. Porém, foi logo destronado do posto de candidato à partícula de Pauli, pois sua massa era 'enorme', praticamente igual à do próton.

Batismo

O físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) decidiu, então, batizar a partícula de Pauli como neutrino (em italiano, pequeno nêutron). E usou-a para elaborar uma teoria elegante – válida até hoje – para explicar o decaimento beta. O fenômeno, assim, passou a ser o seguinte: um nêutron decai (transforma-se) em um próton, sendo emitidos do núcleo um elétron e um neutrino – na verdade, um antineutrino, uma antipartícula.

De quebra, a teoria de Fermi extirpou pela raiz a crença de que os elétrons – e para alguns também os neutrinos – viviam no núcleo atômico.

Fato pouco divulgado: apesar da total falta de evidência sobre a realidade dos neutrinos, os físicos teóricos se sentiram muito confortáveis com a nova partícula. "Foi um caso único na história das partículas elementares", resumiu Abraham Pais, em sua monumental obra *Inward Bound* (algo como Rumo ao interior [do átomo]; Oxford University Press, 1988).

Ainda em 1934, cálculos mostraram que seria praticamente impossível detectar o neutrino. Para fazê-lo interagir com a matéria, seria necessário fazê-lo atravessar quantidade de água equivalente a dezenas de milhões de vezes a distância Terra-Sol. Porém, a engenhosidade humana driblou o problema, e, em 1955, um experimento nos EUA detectou indiretamente o primeiro dos três tipos de neutrino conhecidos hoje. A partícula-fantasma se revelava a uma comunidade de físicos assombrada pela descoberta.

Pauli estava certo.

Em 2002, nova surpresa: um experimento no Canadá mostrou que os neutrinos têm massa. E isso tem implicações profundas para entender a constituição e o próprio destino do universo. Hoje, a pesquisa em neutrinos é uma das mais instigantes da física, e vários experimentos tentam desvendar propriedades da partícula que nasceu em uma carta bem-humorada. Dois problemas atuais: saber o valor exato da massa e, mais intrigante, descobrir se o neutrino e o antineutrino são ou não a mesma partícula.

Se as dezenas de partículas elementares conhecidas hoje (elétrons, *quarks*, fótons etc.) formassem um tipo de liga de super-heróis, o neutrino seria certamente eleito pelos fãs o mais *cool* deles (bacana, em inglês). Afinal, ele pode atravessar incólume trilhões de quilômetros de chumbo, por exemplo. Neste exato momento, o(a) leitor(a) está sendo perfurado por trilhões de neutrinos. Isso também ocorre à noite, quando eles, vindos do Sol, onde são produzidos, atravessam a Terra sem se chocar com nada. Sem contar que um ser humano gera outros 20 milhões de neutrinos por hora, por causa da presença de elementos radioativos no organismo.

Sem dúvida, *cool*.

[Uma versão deste texto foi publicada no *Especial Rio+20*, da *Folha de S. Paulo*, em 05/06/2012]

RIO+20

Clima, filosofia e história da ciência

Talvez, às vésperas da Rio+20, a história da ciência e a filosofia possam ensinar algo sobre o planeta e os humanos.

Se uma pesquisa tivesse sido feita no final do século 19 entre os grandes nomes da física, é bem provável que aqueles luminares aceitassem, como realidade incontroversa, a existência do éter (meio com propriedades tanto esquisitas quanto paradoxais que serviria de suporte para a propagação da luz).

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955), com sua teoria da relatividade, descartaria, como desnecessária, essa 'propriedade' do espaço. Cerca de 20 anos depois, porém, ainda havia cientista que acreditasse em tal suporte.

Conceitos científicos arraigados são difíceis de matar. O físico alemão Max Planck (1859-1947) dizia que uma verdade científica não triunfa pelo convencimento de seus oponentes, mas, sim, porque estes últimos acabam morrendo, e ela se torna familiar a uma nova geração.

O historiador marxista britânico Eric Hobsbawm (1917-2012) põe a ciência como a forma de cultura mais influente do século 20. Para o bem e para o mal.

Ao longo da história, cientistas obtiveram resultados grandiosos – um deles é, sem dúvida, a teoria da relatividade, que permitiu o primeiro modelo cosmológico de base científica. Mas produziram fraudes e pseudociência – esta última quando o cientista crê que aquilo que obteve é verdadeiro.

Ciência está longe de ser pura, imaculada, como, às vezes, é vendida. Ciência tem muito de *marketing*.

Quando um novo campo científico nasce (por exemplo, engenharia genética e nanotecnologia), ele traz sua carga de promessas. Nessas horas, cientistas, incensados pela mídia, desfilam futurologias (do bem, obviamente), pois sabem que isso traz visibilidade (e financiamento) para seus laboratórios ou seus projetos.

A história da ciência, no entanto, ensina: o cemitério das promessas científicas está cheio de covas profundas e esquecidas – grande parte delas preenchidas com medicamentos e vacinas contra males ainda incuráveis.

Rio+20

Fraudes, pseudociência, aceitação forçada de paradigmas, medo da discordância e do debate franco... todas mazelas criadas em nome do prestígio, da vaidade, de egos exacerbados, da competição, do medo de macular a carreira, da pressa em publicar etc.

Mas o que tudo isso tem a ver com a Rio+20?

Vejamos.

O filósofo alemão Jürgen Habermas diz que um dos traços das democracias modernas é que o público tem que lidar com políticas como "pacotes fechados", dizendo apenas se é a favor ou contra eles, sem discussões mais aprofundadas.

Se pudermos estender essa característica política às tendências ambientalistas, então, o caso emblemático de 'pacote fechado', talvez, seja a questão do aquecimento global ou das mudanças climáticas – a escolha vai depender dos interesses políticos e econômicos do sujeito, como já revelaram pesquisas.

O(a) leitor(a) acredita em qual pacote? Crê no aquecimento global ou é cético?

A impenetrabilidade de Habermas aponta um caminho perigoso: grandes teorias científicas, por sua complexidade, acabam sendo aceitas como dogma. Ou rejeitadas como um.

Na questão climática, o 'sim' (aceitação) preponderou até agora – afinal, é difícil, mesmo para um cientista, levantar a voz contra um documento, o relatório do IPCC (sigla, em inglês, para Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), que traz a assinatura de mais ou menos 2,5 mil especialistas com doutorado.

Ceticismo

Mas, agora, parece brotar certo desconforto entre os próprios cientistas. Caso emblemático: 16 deles, todos renomados, publicaram manifesto nas páginas do *The Wall Street Journal* (26/01/12) com o sugestivo título 'Não é preciso se apavorar com o aquecimento global'. Basicamente, dizem que não é necessário tomar medidas drásticas, no curto prazo, contra o aquecimento global; que o gás carbônico não é poluente; e as evidências do fenômeno não podem ser consideradas incontroversas – essas últimas são palavras de um Nobel de Física.

Respostas a esses céticos já são encontradas a granel na internet. Uma delas é a de William D. Nordhaus, professor de economia na Universidade Yale (EUA), "Por que os céticos do clima estão errados" (*New York Review of Books*, 22/02/12).

A mídia tem culpa na solidificação de paradigmas na ciência. Costuma – pela própria essência do jornalismo sobre ciência – privilegiar resultados e profecias em detrimento de dúvidas e reveses. Ciência, por sinal, nas palavras do filósofo britânico John Gray, é, hoje, o terreno das certezas; as dúvidas, diz ele, ficaram para a religião.

Nos jornais, há crítica de teatro, literatura, cinema, artes, música, gastronomia... E de ciência? Afinal, ela não é uma forma de cultura, a mais influente do século passado, segundo Hobsbawm?

Parte do esclarecimento (certezas e, principalmente, dúvidas) deveria vir dos próprios cientistas. Mas a verdade é que eles são resistentes em falar com um público que mal entende um fenômeno básico do cotidiano e titubeia perante matemática simples. O debate darwinismo *versus* criacionismo (e também ciência *versus* esoterismo) corrobora o dito acima.

À beira da Rio+20, o 'Manifesto dos 16' foi pancada forte. Mas o que fraquejou pernas e esvaziou pulmões científicos foi a revelação, há poucos anos, de mensagens de um especialista da área em que estava confessa a manipulação de dados pró-aquecimento – é o lado humano (sem aspas) dessa atividade. O vazamento abalou profundamente a crença pública (e a de cientistas) em um conhecimento reunido arduamente nas últimas décadas.

É improvável que 2.500 especialistas estejam errados. Mas vale ter em mente o caso do éter, que abre este texto.

Para finalizar, retome-se Gray, com seu magistral e impressionante *Cachorros de Palha* (Record, 2005). O filósofo defende que o movimento verde sofre, nas origens, do mesmo mal do cristianismo e da própria ciência, a saber: o humanismo, este no sentido de que o homem é superior a outras espécies animais, é senhor de seu destino, pode controlar a tecnologia que cria e acredita na ilusão de progresso – por sinal, progresso é algo que o britânico diz fazer sentido só no âmbito da ciência e não na ética, na política, nas artes, na literatura...

Natureza humana

Gray defende que a espécie humana é dominadora e destrutiva. E não adianta tergiversar, diz ele: somos assim, é a nossa natureza humana, algo negado, na política, ao longo da história, pela direita e pela esquerda, e que está, para ficar num só exemplo, na raiz das guerras e genocídios.

O alento em todo o pessimismo de Gray é que a Terra, como

sistema robusto que é, resistirá à infecção por humanos. Mas a um preço: destruição da fauna e da flora.

Seguindo o pessimismo de Gray, é possível que tudo o que foi dito até aqui seja algo de menor importância. “A destruição do mundo natural não é o resultado do capitalismo global, da industrialização, da ‘civilização ocidental’ ou de qualquer falha nas instituições humanas. É consequência do sucesso evolucionário de um primata excepcionalmente rapinador. Ao longo de toda a história e pré-história, o avanço humano tem coincidido com devastação ecológica”, escreve ele.

Neste momento de Rio+20, a reflexão mais profunda, talvez, não deva ser sobre essa ou aquela política, esse ou aquele dado científico, isso ou aquilo da economia. Mas, sim, sobre quem (realmente) somos, se valemos a pena.

E uma das análises mais profundas sobre essa questão está em *Cachorros de Palha*. Vale ler, mesmo que seja para discordar.

[Uma versão deste texto foi publicada em *questões da ciência, piauí* (06/07/12)]

SEJAMOS PRAGMÁTICOS...

Um bóson de Higgs serve para quê?

Favor: toque a tela na qual você está lendo este texto. Ou, tanto faz, leve o indicador à ponta de seu nariz. Ou perceba o contato do assento em que você talvez esteja. Ou a sola de seu calçado contra seus pés. Ou mesmo o ar passando por suas narinas... A sensação táctil resultante dessas experiências – sem graça, é verdade, depois dos primeiros anos de vida – deve-se a algo comum a todos os objetos (visíveis ou não) em nosso cotidiano: massa. Esta semana, os físicos finalmente anunciaram, depois de décadas de elucubrações, rabiscos abstratos para a maioria dos mortais e construção de aparelhos complexos e titânicos, a entidade responsável por fazer a esmagadora maioria das coisas ao nosso redor existir.

Peter Higgs
Crédito: Wikimedia Commons

A partícula recém-descoberta – cuja função é justamente conferir a propriedade massa a suas colegas subatômicas – tem nome e sobrenome: bóson de Higgs. O primeiro termo denomina que ela tem personalidade gregária: gosta de se aglomerar com suas semelhantes – e veremos a importância disso adiante. Já 'Higgs' é homenagem a Peter Higgs, físico teórico britânico que, na década de 1960, lançou a hipótese sobre a existência desse corpúsculo, para tentar resolver um grande embaraço do chamado Modelo Padrão, a teoria que lida com os fenômenos relativos a cerca de uma dúzia de 'tijolinhos' básicos que formam os 5% de matéria ordinária do universo, que constitui de buracos negros e galáxias a seres humanos e vírus [Em tempo: desconhece-se a natureza dos 95% restantes (sim, 95%!), o que talvez seja a questão mais profunda da ciência deste século.].

O Modelo Padrão – que pode ser entendido como uma tabela que divide as partículas em famílias, segundo o que elas fazem ou formam – é um monumento à inteligência humana. Ali, está a explicação para a constituição daquela tríade que aprendemos na escola: prótons, nêutrons e elétrons, para ficarmos com apenas três das centenas de partículas que se conhecem hoje.

Mas havia no Modelo Padrão pelo menos um embaraço pontiagudo e afiado: aquela teoria não explicava por que certas partículas eram 'gordinhas' (por exemplo, *top* quark), outras verdadeiras 'sílfides' (neutrinos), e algumas nem mesmo tinham massa (fótons ou partículas de luz). Ou seja, não explicava de onde vinha a tal propriedade massa. Se os físicos sabiam os valores para essa grandeza, foi porque, por meio de experiências, capturavam e 'pesavam' essas entidades liliputianas.

Mas como o bóson de Higgs faz surgir a massa em outras partículas? A melhor analogia que este signatário conhece sobre o tema foi idealizada pelo físico David Miller, do University College, em Londres: imagine uma convenção de devotados membros de um partido político. Eles estão distribuídos quase uniformemente num grande salão. De repente, o grande líder trabalhista adentra o recinto. Em torno dele, quase que imediatamente, juntam-se

vários partidários. E, à medida que o político famoso se desloca pelo ambiente, ele vai 'arrastando' consigo aquele amontoado de admiradores. Pois bem, o líder é a partícula que acabou de adentrar o chamado campo de Higgs (no caso, membros do partido). Esse acúmulo de bósons é o que dá a massa a uma partícula.

Agora, imagine que entrou no salão um líder sobre o qual recaem acusações sérias de corrupção e que o levaram a cair em desgraça perante a opinião pública. Os partidários nem mesmo olharão para ele. Bem, nesse caso, o líder poderia ser um fóton, partícula que, por não aglutinar bósons de Higgs ao seu redor, não adquire massa.

Nota-se que o papel do bóson de Higgs é para lá de importante – afinal, ele faz a grande maioria das coisas existirem para nós. Essa função fez com que um grupo de físicos passassem a chamá-lo 'partícula de Deus' – por sinal, epíteto para lá de infeliz, que dá a falsa ideia de que a ciência está fornecendo argumentos que corroboram a religião.

Sejamos pragmáticos: um bóson de Higgs serve para quê?

Na prática, nada, além do fato de gerar massa e de ter acrescentado um pingo no cabedal de conhecimento dos humanos sobre a natureza.

Mas, então, por que gastar bilhões e bilhões de dólares para detectar algo que não serve para nada e nem mesmo se vê? Resposta: não, sua vida não mudará um milímetro por causa do Higgs. Mas mudará – e já mudou muito – por causa do que foi feito para descobrir o Higgs e outras partículas.

Vejamos por quê.

Em grandes experimentos científicos (principalmente, os de física), o foco deve ser (também) outro: tecnologia – ou seja, riqueza e bem-estar. Explicando. O CERN, laboratório europeu onde está aquele acelerador gigante, o LHC, em que partículas batem de frente para gerar outros fragmentos de matéria (entre eles, o Higgs) talvez seja a máquina mais complexa construída pela humanidade. E, para fazê-la, foi preciso desenvolver conhecimento – principalmente, em engenharia – que acaba em nossos carros, geladeiras, aparelhos de ar-condicionado, computadores, edifícios, aviões, celulares... Diz-se que o desdobramento mais importante de se ter ido

à Lua foi o aprimoramento do transistor. Impossível relatar o que esse diminuto componente eletrônico já fez pela humanidade.

E, claro, no caso do LHC, o desenvolvimento da 'www', cujo objetivo inicial era melhorar a comunicação entre os físicos do CERN – você consegue imaginar o mundo sem as páginas da internet?

E se o Higgs não fosse detectado?

Ironicamente, parte significativa dos físicos torcia por isso. Seria mais ou menos como querer ver o circo queimar. Assim, a física tomaria uma chacoalhada das grandes – o que é bom, de tempos em tempos –, obrigando seus praticantes teóricos a voltar às folhas de papel em branco para imaginar outro mecanismo (entenda-se, partícula misteriosa) e seus experimentais passariam a bolar novos modos de capturar a nova entidade. Seria uma injeção de ânimo comparada a trocar o mesmo reme-reme do chá da sessão da tarde pelo *ecstasy* das baladas noturnas.

Mas... o fato é que o Higgs apareceu – e a probabilidade de não ser ele é desprezível, coisa de uma chance em milhões. E, aí, o que resta fazer, depois que se capturou o 'Último dos Moicanos'? A física no LHC é bem, bem mais do que a partícula de Deus – apesar de ela ter sido 'a' garota-propaganda do CERN desde o início. Lá, outros experimentos continuarão buscando respostas para questões até mais importantes que o Higgs. Para ficar em apenas duas: i) será que existem dimensões extras, para além do comprimento, altura e largura nas quais vivemos?; ii) por que a natureza privilegiou a matéria em detrimento da antimatéria na formação do universo, há cerca de 14 bilhões de anos? – reformulando: por que não nos defrontamos com antiuniversos, antigaláxias, antiplanetas, antipessoas, anticães, antipulgas, antibananas etc.?

Questões profundas, sem dúvida.

Para finalizar, Higgs ganhará o Nobel? Bem, não se sabe. Mas esse britânico – que chorou, no CERN, no anúncio da existência de sua criação mental – tem um requisito que, muitas vezes, diz-se fundamental para o consagrado prêmio: idade avançada (83).

Portanto, se for para ser, que seja rápido. Ele merece.

P.S.: Foi rápido. Higgs ganhou o Nobel de Física de 2013, juntamente com o francês François Englert.

[Uma versão deste texto foi publicada em *questões da ciência, piauí* (28/03/12)]

TENNESSEE WILLIAMS

Influências da cosmologia e relatividade?

Folheio uma edição antiga (n. 57) de *piauí*. Num texto sobre o fechamento da última fábrica de máquinas de escrever do mundo, da jornalista Dorrit Harazim, fixo o olhar, sem razão consciente, em uma foto de 1946 do dramaturgo norte-americano Tennessee Williams. Ele de pijama – ou, pelo menos, parece um –, em frente à sua máquina, cigarro e piteira na mão, olhar pensativo. Sobre a mesa, óculos, (talvez) fósforos, xícara (café?), papéis e três livros empilhados.

Reconheço a lombada de um deles. Tiro os óculos (seis de miopia). Aproximo os olhos e... *Theory of Relativity* (1917), de Albert

Tennessee Williams

Crédito: Orlando Fernandez,
World Telegram staff photographer
Wikimedia Commons

Einstein. Outra lombada: *The Mysterious Universe* (1930), de sir James Jeans, astrofísico britânico.

Por que o autor de sucessos como *Um bonde chamado desejo* e *Gata em teto de zinco quente* teria sobre sua mesa dois clássicos da divulgação científica do século passado? Primeira conclusão: foi um cenário montado para a foto, para dar ares de intelectual ao fotografado. Assunto morto.

No dia seguinte, a curiosidade persistia. Tennessee Williams (pseudônimo de Thomas Lanier Williams) teria tido formação científica? Vou ao Google Books e à Amazon. Faço buscas por 'Tennessee Williams' junto com termos como *physics*, *cosmology*, Einstein ou Jeans.

Até que encontro cartas em que Williams citava os termos procurados – talvez eu tenha um tema de reportagem. Chego a vislumbrar, como historiador da física, um artigo acadêmico para um periódico estrangeiro. Algo como 'A influência da física e cosmologia na obra de Tennessee Williams'. Na internet, nenhum *paper* nessa linha. Bom.

"Estou, no momento, muito entusiasmado por assuntos científicos", escreveu Williams a um colega em carta de 1948. Se o ano da foto publicada em *piauí* está correto (1946), ciência foi assunto longevo para nosso protagonista.

"Levo comigo uma pequena biblioteca, a maioria [dos livros] sobre assuntos atômicos [*sic*] e astronômicos muito estimulantes", escreveu o dramaturgo. Disse haver páginas que ele precisava ler "duas vezes, e mais duas". Prosseguiu: "Relatividade e teoria quântica estão ainda, de algum modo, além de minha compreensão, mas estou adquirindo [com eles], no mínimo, um conceito poético. Eles [os cientistas?] parecem achar que, no presente, o universo é apenas uma abstração na mente de um matemático puro. Acho difícil reconciliar isso com minhas experiências pessoais."

Naquele mesmo ano, Williams escreveu para outro destinatário: "Você gosta de física? Estou lendo muito sobre astrofísica e relatividade, e é como se, até agora, isso realmente exercitasse minha mente e imaginação para pensar sobre essas coisas, como espaços

curvos e partículas elétricas das quais a matéria é feita, todas elas se movendo à nossa volta numa taxa de milhares de milhas a cada segundo, e sendo tudo feito delas."

Os extratos acima são de *Tennessee Williams Notebooks*, de Margaret Bradham Thornton (2006).

Também achei algo em *Selected Letters of Tennessee Williams*, vol. 2, 1945-1957, organizado por Albert J. Devlin e Nancy Marie Patterson Tischler (2004). Outra dica importante: a revista *Saturday Review* perguntou a Williams sobre o que ele estava lendo no momento. Na resposta, curta, o escritor citou, além de Jeans e Einstein, *Explaining the Atom*, do biofísico norte-americano Selig Hecht.

Cultura e relatividade

A relatividade de Einstein – ou teoria da gravitação de Einstein, nome que a tornaria bem menos misteriosa – foi finalizada em 1915. Com sua comprovação histórica, por meio de um eclipse solar observado em 1919, principalmente em Sobral (sim, no Ceará), o físico de origem alemã tornou-se celebridade internacional.

A partir da década de 1920, artistas passaram a se interessar pela relatividade e a digeri-la a seu modo. A 'gravidade' passou a ser trabalhada por escultores (os móbiles de Alexander Calder são caso emblemático). Pintores (Kandinsky, Mondrian, Chagall) criaram sob essa influência. Tempo, espaço e gravidade tornaram-se ingredientes (por vezes, subliminares) de romances (*O Som e a Fúria*, de William Faulkner, por exemplo). Poetas (como Archibald MacLeish e William Carlos Williams) dedicaram longos tributos a Einstein e alteraram a métrica de seus poemas. Supõe-se até que Kafka tenha lá macerado conceitos da relatividade, ao assistir, em Praga, a palestras de Einstein, ainda na década anterior. Depois da Segunda Guerra, com a física nuclear se tornando vedete, a ficção científica usou e abusou da relatividade e de Einstein.

Tudo isso está no excelentíssimo – mas, infelizmente, não traduzido para o português – *Einstein as Myth and Muse* (Einstein como mito e musa; Cambridge University Press, 1989), de Alan J. Friedman e Carol C. Donley (1989). E, em forma reduzida, na pequena obra-prima *Einstein and our World* (Einstein e o nosso mundo; Humanity Books, 1998), do historiador da física norte-americano David Cassidy.

É plausível que um estilhaço tardio dessa relação entre física e arte tenha respingado em Tennessee Williams e em sua obra. Afinal, por que enfrentar um tema maçudo, lendo e relendo a mesma página, se não fosse para despejar algo em seus escritos?

Com a palavra, os estudiosos

Seleciono, com base em critérios pessoais, alguns especialistas internacionais de calibre no assunto. A primeira mensagem vai para David Kaplan, diretor teatral consagrado e fundador de um festival dedicado a peças de nosso protagonista. "Sim, astronomia é uma metáfora em *Summer and Smoke* [no Brasil, *Verão e Fumaça* ou *Anjo de Pedra*], de Tennessee Williams", me escreveu Kaplan. "Te mandarei, daqui a pouco, o trecho em questão da peça".

De repente, até meu artigo científico vai tomando forma.

Recebo a resposta de Donald Spoto, biógrafo de Tennessee Williams. Pergunto se ele vê alguma influência da física ou astronomia na obra do dramaturgo. "Física e astronomia não tinham nenhum interesse para ele, tanto quanto eu saiba. Ele era escritor, não cientista". Noutra mensagem, ele relativizou as opiniões iniciais e acrescentou: "Ele podia ser algo comparável a um curioso ou diletante nesses assuntos".

Também aterrissou em minha caixa postal mensagem de Robert Bray, considerado 'o' especialista em TW, professor da Universidade Estadual do Médio Tennessee que passou uma temporada na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, como pesquisador visitante. "Sim, ele menciona essas disciplinas em suas cartas e cadernos de anotações, mas não conheço nenhuma discussão

extensa [sobre esses temas] em suas peças ou textos de ficção. No último número do [periódico] *Tennessee Williams Annual Review*, publicamos peça até então inédita em que ele satiriza professores. É muito engraçada."

E, por fim, Annette Saddik, professora de inglês e teatro da Universidade da Cidade de Nova York. "Não vejo qualquer evidência de que a física ou a astronomia tenham tido algum papel nas peças de Williams, apesar de ele se interessar por física de um ponto de vista filosófico, como outros dramaturgos modernos."

A essa altura, pensei comigo mesmo, a relação entre TW e a física havia esmaecido.

Salvação

Por que Tennessee Williams, por anos, leria sobre relatividade, teoria quântica e cosmologia? Só para falar mal de professores numa peça inédita por décadas? Só? Também me soa improvável que busque aguçar sua visão filosófica com algo tão... pesado.

Certo, meu artigo acadêmico esfumaçou-se. Posso aceitar isso.

Uma cena (apenas uma) salvaria a reportagem.

Ato 2, cena 3.

John: Eu estava lendo na cama. Um físico chamado Albert Einstein. Vou apagar esta luz.

Alma: Oh, não!

John: Por que não? Você tem medo do escuro?

Alma: Sim...

John: Não ficará muito escuro. Vou abrir essas venezianas e você pode olhar para as estrelas, enquanto digo o que estou lendo. (Ele desliga a lâmpada sobre a mesa. Vai em direção à janela e faz o movimento de abrir as venezianas. Um brilho tênue, azulado, penetra o palco.) *Eu estava lendo que o tempo é um dos lados de um contínuo quadridimensional no qual vivemos. Eu estava lendo que o espaço é curvo. Ele se curva sobre*

si mesmo, em vez de fluir indefinidamente como costumamos acreditar, e está vagando à deriva em algo que é menos que o espaço; está vagando como uma bolha em algo que é menos que o espaço...

Foi Kaplan quem me mandou esse trecho – a tradução é minha. Disse que havia confundido, e que a cena estava na peça *Eccentricities of a Nightingale* (Excentricidades de um rouxinol), narração alternativa de *Summer and Smoke*. Anexou também um ensaio de 1948 do próprio TW sobre o pintor Hans Hofmann em que Einstein é citado. "Essas são coisas de que me lembro de cabeça", acrescentou, antes de se despedir. "Há mais, estou certo."

Com a palavra, Tennessee Williams:

"[Hofmann] pinta como se ele entendesse Euclides, Galileu e Einstein, e como se sua visão incluísse a constelação de Hércules em direção à qual o Sol se move. Em seu trabalho, há um entendimento dos conceitos fundamentais de espaço e matéria e das forças dinâmicas da natureza, identificadas – mas não explicadas – pela ciência, da qual a matéria brota. É um pintor de leis físicas, com uma intuição espiritual. Sua arte é um sistema de coordenadas na qual se sugerem o infinito e a causalidade além da influência do acaso.

Agora, no início de uma era mecânica insensata, toda a arte plástica é criada sobre a ameaça de destruição material, já que, na base do pigmento, estão os elementos explosivos do átomo. Hans Hofmann pinta como se ele pudesse observar o interior dessas partículas infinitesimais de violência que podem cindir a terra como uma laranja. Ele nos mostra a vitalidade da matéria, sua criação e sua destruição, seus anjos da escuridão e da luz. Filosoficamente, seu trabalho pertence a esta era de aterrorizante iminência, pois ele contém um trovão de luz oriundo da matéria."

Kaplan é o cara. Não, aqueles anos de leitura não foram em vão. O artigo acadêmico volta à minha mente. Como Kaplan, tenho uma certeza: há mais sobre ciência em Tennessee Williams.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Equilíbrio e Saúde*, da *Folha de S. Paulo* (22/01/13)]

Meninas de exatas

Para garotas que gostam de números e fórmulas

Para Lígia M. C. S. Rodrigues, CBPF

Este texto é para meninas que gostam de física e matemática. E querem ser cientistas. É também uma mensagem para os familiares delas.

Na década de 1980, minha adorável experiência como professor de matemática e física no ensino médio me deu algumas certezas. Uma delas: meninas, na média, são melhores que meninos nessas duas disciplinas. Mas um estranho viés cultural sempre alçava um menino a 'gênio' das exatas da escola. Mesmo que houvesse meninas com notas melhores. Injustiça.

Outra certeza: em geral, minhas alunas eram mais atentas, meticulosas, organizadas e intuitivas que os meninos – boas qualidades para a resolução de problemas científicos (ou do cotidiano).

Incentivei muitas alunas – algumas, brilhantes – a fazer física, matemática ou engenharia. Em vão. Razão: falta de apoio ou resistência familiares. Ouvi pais dizerem que essas eram profissões de homem.

De lá para cá, certamente o cenário mudou. Arrisco dizer que, na biologia e na química, as mulheres talvez já tenham ultrapassado os homens.

Se você, menina para quem escrevo este texto, tiver momentos de dúvida, lembre-se dos percalços vencidos por pioneiras. A francesa Sophie Germain (1776-1831), que assinava cartas como

'Sr. Leblanc' para ser aceita entre matemáticos, tornou-se a primeira cientista a frequentar as sessões da Academia de Ciências da França; a alemã Emmy Noether (1882-1935), que teve coragem de seguir a profissão do pai, é tida como a matemática mais notável do século passado. Na física, a franco-polonesa Marie Curie (1867-1934), que passou boa parte da graduação na França a pão e chá, acabou no seleto clube de cientistas com dois prêmios Nobel (Física, 1903; Química, 1911).

Como Noether, a austríaca Marietta Blau (1894-1970) e a alemã Maria Goeppert-Mayer (1906-1972) trabalharam por anos sem pagamento – comum para mulheres cientistas no início do século passado. Blau, quando pediu um cargo permanente a seu chefe, escutou: "Mulher e judia... Aí, já é demais!" Daria parte de meus vencimentos para ver a cara dos homens que negaram salário a Goeppert-Mayer quando ela ganhou... o Nobel de Física de 1963.

Gosto, porém, do exemplo Mileva Maric (1875-1948). Brilhante em matemática e física, foi uma das pri-

Sophie Germain, Marietta Blau,
Marie Skłodowska-Curie,
Mileva Maric
Crédito: Wikimedia Commons

meiras mulheres do Império Austro-Húngaro a receber licença do governo para cursar essas disciplinas entre os meninos. Na graduação, suas notas eram tão boas ou superiores às de seu futuro marido: Albert Einstein (1879-1955). Sabemos que ela lia e corrigia os artigos dele, antes de serem enviados para publicação. Seu brilho, no entanto, foi obscurecido pela fama dele. E sua carreira prejudicada pelo tratamento insensato que ele dedicou a ela.

Há, no Brasil, várias pioneiras. Mas uma delas sempre me impressionou. Sonja Ashauer (1923-1948) fez o doutorado – o segundo obtido por um físico brasileiro – com o britânico Paul Dirac (1902-1984), Nobel de 1933. Mas morreu jovem e de forma misteriosa, meses depois de voltar ao Brasil.

Essas e muitas outras cientistas facilitaram o ingresso das mulheres nas universidades e nos laboratórios de pesquisa.

A ciência, aqui e lá fora, sempre precisará de pesquisadores bem formados. Além disso, ser cientista é bacana. Meus argumentos: ninguém vai se importar com sua roupa; os salários hoje são bem razoáveis para alguém com doutorado; não precisa bater ponto; e nem sempre se tem chefe. Você será aquilo que produzir.

Portanto, não se deixe convencer de que profissões com símbolos abstratos e equações são para meninos. Mesmo que sua família diga isso. Siga sua vocação. E, para finalizar, peço licença para uma última opinião pessoal: meninas com um cérebro cheio de fórmulas e números sempre me pareceram mais atraentes que as outras.

Maria Goeppert-Mayer, Sonja Ashauer

Crédito: Wikimedia Commons e Acervo do CAPH - USP

BRASIL

[Uma versão deste texto foi publicada em *Scientific American Brasil*, janeiro 2014]

Quando o Brasil ajudou a física do Japão

A foto que abre este texto captura o desfecho de uma história praticamente desconhecida que envolve, de um lado, a iniciativa de parte da colônia de imigrantes no Brasil e, de outro, a gratidão de cientistas japoneses.

A imagem – cuja autoria se perdeu no tempo – destaca Mituo Taketani (1911-2000). O momento registrado parece ser o de uma coletiva de imprensa – evidência disso é o fotógrafo que aparece à

Mituo Taketani

Crédito: Cortesia IFT/Unesp

esquerda. Ano provável: 1959. O motivo: a despedida, depois de um ano e três meses no Brasil, desse físico e filósofo japonês do cargo de diretor do Instituto de Física Teórica (IFT) – então, uma fundação, com sede à rua Pamplona 145, centro de São Paulo (SP). Hoje, o IFT, em novo prédio, no bairro da Barra Funda, é unidade complementar da Universidade Estadual Paulista (Unesp).

A hipótese da despedida é reforçada por três nomes rabiscados entre cálculos complexos na lousa: [Tatsuoki] Miyazima, [Daisuke] Iito e [Jun-ichi] Osada, que viriam ocupar, pelos dois anos seguintes, os cargos deixados por Taketani e seu auxiliar, Yasuhisa Katayama. Osada, que optou por ficar mais tempo no Brasil, se tornaria auxiliar de Taketani, quando este voltou ao país em 1961, para trabalhar na Universidade de São Paulo (USP), a convite do físico teórico brasileiro Mário Schenberg (1914-1990). Ao todo, Taketani viria quatro vezes ao país, a última delas em 1981.

Desde o começo das atividades, em 1952, até o da chegada de Taketani, cinco anos depois, o IFT havia sido dirigido por físicos alemães.

Por que Taketani aceitou o convite para dirigir o IFT, já que, até então, ele não havia expressado o desejo de ocupar cargos de professor em nenhum outro país?

Resposta muito provável: gratidão.

E aqui começa uma história – praticamente desconhecida – da relação de solidariedade entre Brasil e Japão.

Vitória ou derrota?

Para se entender a vinda de Taketani ao Brasil na década de 1950, é preciso deslocar o foco para a colônia de japoneses no estado de São Paulo logo depois do final da Segunda Guerra Mundial. Lá, ocorria uma enorme divisão. De um lado, estavam os kachigumi (ou triunfalistas), que alegavam que o Japão havia ganhado o conflito. Em geral, eram gente pobre, sem muita instrução, que se tornara vítima de pessoas espertas que – mesmo sabendo da derrota japonesa – lucravam financeiramente com a ignorância dos mais humildes, vendendo a estes, por exemplo, bônus de guerra já sem

valor, alegando bom investimento. De outro lado – em significativa minoria numérica –, estavam os makegumi, que, em geral, mais esclarecidos, sabiam da derrota. Eram chamados pelos kachigumi de derrotistas ou 'corações sujos'.

O conflito entre essas duas alas – que acabou com cerca de 20 mortos, 150 feridos e centenas de presos – está relatado no livro em *Corações sujos*, de Fernando Morais (São Paulo: Companhia das Letras, 2011, 3ª ed.), que recentemente virou filme. Com a intervenção de autoridades e da polícia, as mortes e atentados se findaram no início de 1947.

Porém, permaneceu a dúvida em uma colônia com alto grau de isolamento em relação à sociedade brasileira, à língua portuguesa e mesmo a notícias da terra natal: o Japão havia ganhado ou perdido a guerra? "Havia pouquíssimos visitantes do Japão naqueles dias e, quando chegava um, ele era convidado para encontros com a colônia japonesa e intimado a contar a verdadeira história [sobre o final da guerra]. Mas o visitante acabava ameaçado pelos fanáticos [kachigumi], e, nessa atmosfera de conflito, ele mantinha a boca fechada, sem tocar no assunto sobre quem havia sido o vencedor", escreveu, ainda em 1955, o físico experimental japonês Yoichi Fujimoto, que, mais tarde, participaria de uma colaboração na área de física entre Brasil e Japão e seria um dos beneficiários da ajuda vinda da colônia japonesa em São Paulo.

Entende-se tal dúvida durar tanto tempo quando se lembra que as crianças japonesas aprendiam na escola que seu país nunca havia perdido uma guerra externa – o que era verdade até o final da Segunda Guerra. Outra das lições dos bancos escolares era doutrinar os alunos com uma visão nacionalista: na guerra contra os mongóis, por exemplo, um 'vento divino' (kamikaze) aniquilou aquele povo, que tentava invadir o Japão. Some-se a isso o fato de se ensinar aos cidadãos, segundo a tradição japonesa, que o imperador é uma figura divina, descendente da deusa do Sol.

Em sua *Pequena História do Japão*, o jornalista José Yamashiro escreve que, antes da Segunda Guerra, "costumava-se iniciar a história nipônica com a mitologia. Havia interesse do governo em

confundir a mente do povo. Criou-se, assim, o mito do povo divino, da terra dos deuses, com seus derivados naturais, como, por exemplo, a crença na invencibilidade absoluta do país das cerejeiras."

"Tendo sido educado nesse ambiente, quando ouvi falar [na década de 1950] de imigrantes japoneses no Brasil que não acreditavam na derrota do seu país na guerra do Pacífico, apesar de criança, entendi muito bem por que isso acontecia", diz o físico teórico Yogiro Hama, do Instituto de Física da USP (IF/USP). Hama, que passou a infância no Japão durante a Segunda Guerra, iria, no início da década de 1960, voltar àquele país para seu doutorado, em convite motivado pela gratidão de um dos maiores físicos do século passado.

Doyo-kai

Logo depois do fim da guerra, foi fundado, em São Paulo (SP), o chamado Clube do Sábado (Doyo-kai), frequentado por cerca de 15 makegumi esclarecidos – médicos, engenheiros, intelectuais, empresários etc. –, que se reuniam na casa de um deles, Sen-ichi Hachiya. Foi nesse ambiente – provavelmente, no final daquela década – que surgiu a ideia de arrecadar dinheiro entre membros da colônia para trazer ao Brasil personalidades do Japão. Vieram, por exemplo, o ator Den Obinata e os Peixes-Voadores, nadadores, então, com fama mundial pelos recordes batidos.

Esse era o objetivo revelado, público, da iniciativa. A finalidade velada e silenciosa era outra: o convencimento dos kachigumi sobre a derrota do Japão. Membros do Clube do Sábado peregrinaram São Paulo em busca de potenciais doadores. Ao todo, conseguiram algo em torno de 50 deles.

Naquele momento, despontou uma celebridade no Japão de primeira linha: o físico teórico Hideki Yukawa (1907-1981), que, em 1949, havia se tornado o primeiro japonês a ganhar um prêmio Nobel. "Acredito que meu pai [Yoshinori Motoyama] teve papel importante [na sugestão do nome de Yukawa], porque ele era um dos poucos que conheciam o estado da arte da ciência japonesa,

juntamente com o físico Shigueo Watanabe [do IF/USP], que não pertencia ao Doyo-kai, o engenheiro Takeo Kawai e o [também engenheiro Ayami] Tsukamoto", diz o historiador da ciência Shozo Motoyama, da Universidade de São Paulo.

Yukawa foi convidado para vir a um encontro internacional, o Simpósio sobre Novas Técnicas de Pesquisa em Física, que ocorreria entre 15 e 29 de julho de 1952, em São Paulo e no Rio de Janeiro. Como celebridade do momento no Japão – quase uma figura mítica depois do prêmio –, ele se aproximava bastante da condição imposta pelos kachigumi para discutir a questão do conflito: a vinda de um representante pessoal do imperador para dizer o que havia acontecido com o Japão na guerra. Os jornais japoneses da época noticiaram o prêmio, ressaltando, porém, as condições miseráveis da física no país naquele momento em que o país se reconstruía.

Os makegumi esclarecidos acreditavam que Yukawa, por ser um cientista, não se furtaria a dizer a verdade sobre o final do conflito. Mas o físico não pôde vir ao Brasil. E não há consenso sobre a razão. Alega-se desde carga pesada de compromisso, a responsabilidade de reconstruir a física em seu país e até problemas de saúde na família.

O movimento dos makegumi esclarecidos decidiu, no entanto, que o dinheiro devia ser enviado mesmo assim. Só que agora o propósito seria outro: ajudar a física do Japão. Em especial, os físicos de partículas e nucleares.

A ajuda brasileira, porém, contrasta com um dos primeiros atos das autoridades norte-americanas depois da rendição japonesa: jogar ao mar dois aceleradores de partículas usados pelos físicos japoneses, temendo que essas máquinas pudessem dar continuidade ao programa (ainda que tímido) de desenvolvimento de armas nucleares que o Japão manteve antes da derrota.

Em 16 de agosto, foram remetidos 100 contos para o Japão, por meio do jornal *Mainichi*, com cuja diretoria, em Tóquio, Taketani tinha boas relações. Esse montante equivalia a um ou dois milhões de ienes à época. Grosseiramente, um milhão de ienes em 1952 equivaleria a 6 ou 7 milhões de ienes hoje – ou seja, algo com

o poder aquisitivo atual de US$ 70 mil no Japão. “O dinheiro doado pela colônia japonesa em São Paulo foi uma grande soma na escala japonesa do início da década de 1950”, lembra Fujimoto – hoje, professor emérito aposentado da Universidade Waseda. Katsunori Wakisaka – um dos articuladores da iniciativa dos makegumi esclarecidos e hoje um renomado especialista em língua japonesa e na tradução dela para o português –, diz que “não era uma grande quantia, mas também não era desprezível”.

Em seu doutorado no Japão, Hama presenciou a gratidão dos físicos japoneses. “Eles diziam unanimemente que estavam muito agradecidos pela contribuição inestimável, numa época em que faltava tudo para o povo em geral e, em particular, para os cientistas e seus trabalhos de pesquisa”.

No Japão, o dinheiro passou a ser administrado pelo Yukawa Hall, organização fundada em 1951 e, pouco depois, transformada no Instituto para a Física Fundamental. Mas há evidências de que a pessoa responsável, de fato, pela alocação das verbas era Taketani. “A primeira binocular [para meu microscópio de pesquisa] foi fornecida pelo Yukawa Hall – disseram-me que o equipamento foi comprado com parte do dinheiro dado pela colônia japonesa em São Paulo, no Brasil”, lembra Fujimoto.

O que fazer com o dinheiro?

O grosso do dinheiro foi usado para pagar as despesas da preparação dos trabalhos que os físicos japoneses da área de partículas iriam apresentar no primeiro encontro científico internacional que ocorreria no Japão: a Conferência de Física Teórica, em Quioto, em 1953. Fujimoto se lembra de uma das reuniões preparatórias para a conferência – caso emblemático da penúria da física e dos físicos no Japão naquele momento. Ao saberem que essa pré-reunião ocorreria em Karuizawa, famoso balneário japonês, frequentado por turistas de alto poder aquisitivo, os participantes ficaram entusiasmados.

No entanto, o local reservado a eles era do lado oposto do balneário, em um ex-campo militar. “Finalmente, chegamos ao

prédio denominado 'Edifício do Seminário', que seria o local tanto do encontro quanto dormitório. Eram barracões de madeira. Achamos curioso o fato de as janelas serem altas, e, portanto, não conseguíamos olhar através delas. Depois, as pessoas descobriram que nosso prédio era uma velha baia de cavalos que havia sofrido uma reforma. A altura das janelas era adequada para cavalos, mas não para nós", relembra Fujimoto.

A importância da conferência em Quioto para o posterior desenvolvimento da física japonesa fica patente na declaração do físico norte-americano Robert Marshak, que dela participou: "Arrisco dizer que a conferência foi extremamente importante para o progresso que se daria na física japonesa. Os cientistas japoneses tiveram a chance de, pela primeira vez, ouvir alguns dos resultados mais recentes de teóricos de várias partes do mundo. Eles ainda estavam reconstruindo seu país depois da guerra, superando a devastação da guerra, e eles haviam começado a estabelecer programas científicos mais amplos."

Outra parte da doação foi usada para publicar um número especial do periódico científico *Soryuushi-ron Kennkyu* (Estudos em teoria das partículas elementares), cujo espírito era o de reunir uma coleção de pré-*prints*, sem avaliação pelos pares, para dar agilidade à publicação dos resultados.

Em 1955, foi criado outro periódico japonês da área de física, o *Supplement of the Progress of Theoretical Physics*, cujo número inaugural traz as seguintes palavras do físico teórico japonês Shin-ichiro Tomonaga (1906-1979), dez anos depois Nobel de Física: "É um prazer para nós o fato de sermos capazes de iniciar essa iniciativa [...] em dívida com o importante apoio financeiro de japoneses que vivem no Brasil. Aquelas pessoas gentilmente coletaram cerca de 1 milhão de ienes, com o propósito de contribuir financeiramente com o desenvolvimento da ciência em sua pátria. Sem a contribuição deles, os Editores não poderiam ter promovido esta iniciativa. É nosso agradável dever nesta ocasião expressar nossos mais calorosos agradecimentos àqueles japoneses no Brasil"

O Apelo

A decisão de fazer uma campanha para juntar dinheiro para trazer Yukawa ao Brasil foi comunicada, em 17 de agosto de 1952, à colônia japonesa no estado de São Paulo, por meio de um documento de uma página, escrito em japonês, com o título 'Apelo'. "Naquele ano, o Brasil reata relações com o Japão, por meio do Tratado de San Francisco. A partir daí, vieram para cá mais cerca de 60 mil japoneses ao país", explica Wakisaka. O tratado entrou em vigor em 28 de abril daquele ano, assinado oficialmente por 49 nações, incluindo o Brasil. Naquele mesmo ano, as forças de ocupação deixaram o Japão.

No 'Apelo', lê-se também que, apesar da desistência de Yukawa, decidiu-se ampliar a campanha de arrecadação de fundos e que, em cerca de um mês e meio, chegou-se a cento e poucos contos, sendo 100 deles remetidos ao Japão, para um comitê responsável por receber lá a quantia. Esse comitê era "organizado pelos mundialmente famosos físicos de partículas Professores Hideki Yukawa, Minoru Kobayashi, Shoichi Sakata, Shin-ichiro Tomonaga, Seitaro Nakamura e Mituo Taketani."

O objetivo da iniciativa era ajudar o estudo da física de partículas elementares ou da teoria relativa à energia atômica, "áreas do mais alto nível no Japão, porque se espera imensamente, em nível mundial, quando esses estudos estiverem completos, que uma revolução ocorra por meio da energia atômica e que a paz entre os seres humanos seja verdadeiramente estabelecida por essa revolução. Assim, nós acreditamos que o progresso no estudo dessas áreas não é apenas uma questão relativa à sociedade acadêmica japonesa, mas também diz respeito ao desenvolvimento da civilização mundial e do bem-estar do ser humano".

E o 'Apelo' finaliza com a intenção de continuar com as doações. "Já que estamos pensando em prolongar esse apoio, tanto quanto possível, incluindo uma segunda, terceira partes e assim por diante, gostaríamos de contar com sua colaboração e apoio." No entanto, não há evidências de que tenha havido mais remessas.

O 'Apelo' foi enviado do 'QG' do movimento dos makegumi

esclarecidos, no centro de São Paulo (SP), à rua 15 de novembro, 1.228, 14º andar, sala 1.425, escritório da empresa de um dos principais apoiadores do movimento, o engenheiro Ayami Tsukamoto, que fez fortuna também como fazendeiro. Tsukamoto se tornaria um tipo de mecenas, ao financiar os estudos de jovens da colônia japonesa que quisessem entrar na universidade. Em seu escritório, chegou a criar uma biblioteca aberta a todos que quisessem estudar.

Clube do Méson

Em 1952, o chamado Clube do Méson – que incluía Yukawa, Tomonaga, Taketani e Sakata, só para citar alguns de muitos nomes – já havia adquirido fama internacional por seus feitos, principalmente na área de física teórica de partículas.

O Nobel foi dado a Yukawa, em 1949, por um artigo de 1935 em que ele propunha que a força que mantém prótons e nêutrons 'colados' no núcleo atômico era mediada por uma nova partícula, que ele denominou méson (meio, em grego), pelo fato de ela ter uma massa intermediária entre a do elétron e a do próton – este quase 2 mil vezes mais pesado que o primeiro.

Dois anos depois, uma partícula com essas características – batizada mésotron – foi descoberta pelos físicos experimentais. E até mesmo Yukawa achou se tratar de seu méson. Mas seriam a mesma partícula? Essa pergunta iniciou um dos debates mais instigantes da história da física do século passado, e dele participaram as principais mentes teóricas e experimentais da época.

O Clube do Méson deu contribuições inéditas e importantes para esclarecer a questão. Resultados obtidos por seus membros naqueles 10 anos que separam o artigo de Yukawa e o fim da Segunda Guerra foram impressionantes. Por exemplo, Tomonaga indicou como diferenciar o comportamento de um méson de Yukawa positivo daquele com carga negativa. Sakata, por sua vez, mostrou que o méson de Yukawa não era aparentado do mésotron – este, na verdade, seria um parente mais massivo do elétron, sem a propriedade de manter o núcleo atômico coeso.

Esses resultados, porém, permaneceram praticamente desconhecidos pelo Ocidente, principalmente pela falta de comunicação entre os países em conflito. Pior: alguns deles foram redescobertos mais tarde, sendo a primazia atribuída (injustamente) a físicos de outras nacionalidades.

Em 1947, o grupo do físico inglês Cecil Powell (1903-1969) – do qual participava o jovem físico brasileiro César Lattes (1924-2005) – detectou o decaimento de um méson de Yukawa em um mésotron. Esse resultado – um dos mais importantes da física do século passado – mostrava claramente que havia dois mésons, e eles tinham naturezas diferentes. No ano seguinte, Lattes seguiu para Berkeley, na Califórnia. Lá, em companhia do físico norte-americano Eugene Gardner (1913-1950), mostrou que o então maior acelerador de partículas do mundo, o chamado sincrocíclótron de 184 polegadas, estava produzindo os mésons de Yukawa. Foi outro resultado com grande repercussão na comunidade de físicos e, desta vez, na mídia.

Outra característica do Clube do Méson: parte de seus membros – marcadamente Taketani e Sakata – eram marxistas ou, mais precisamente, adeptos do materialismo dialético. Por conta de suas ideias, Taketani, por exemplo, amargou períodos na prisão, por ser considerado ‘comunista’ por um regime autoritário e policialesco.

Saber em todas as partes

O Clube do Méson foi o amadurecimento de uma física que se iniciou no Japão ainda no século 19, quando físicos como Aikitsu Tanakadate (1856-1952), Kenjiro Yamagawa (1854-1931) e, principalmente, Hantaro Nagaoka (1865-1950) deixaram de lado a filosofia de Confúcio – uma tradição ainda feudal na educação – para aderir à física moderna. Saíram do país para trabalhar no exterior na chamada Restauração (ou Revolução) Meiji, iniciada em 1868 e na qual houve grandes mudanças na política, na educação, economia e religião do país.

Nagaoka – o mais famoso dessa geração – foi o propositor, em 1904, do chamado modelo atômico saturniano, no qual o

núcleo – no caso, de grandes proporções – era orbitado por elétrons. Esse modelo foi citado pelo físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937) em artigo que inaugurou a física nuclear, em 1911.

Foi nesse contexto que o Japão começou a se abrir para o mundo e no qual ocorreu – como relata o filme 'O último samurai', de 2003 – a ocidentalização forçada do país, com a entrada de novas tecnologias (correio, telégrafo, trens, navios a vapor etc.) e a contratação de cientistas ocidentais. Na "modernização do país no século 19, durante a Revolução Meiji, os dirigentes levaram muito a sério a educação geral do povo, estabelecendo um sistema obrigatório de educação básica – foi o primeiro país do mundo a criar tal sistema. Um pouco depois, no início do século 20, o número de analfabetos já era praticamente zero", diz Hama.

Na Era Meiji, as principais influências culturais vinham dos EUA e da Inglaterra. E o imperador foi obrigado a fazer um juramento contendo cinco artigos. O 5º deles dizia que o Japão – país até então fechado – deveria buscar o saber em todas as partes do mundo, para divulgar as glórias do regime imperial.

A Universidade de Tóquio – a primeira das sete nacionais do país – foi fundada na década de 1870. Antes disso, a física praticamente inexistia no país. No entanto, mesmo no início do século passado, pesquisa era algo raro, dada a profunda escassez de verbas.

Nas primeiras décadas do século passado, uma segunda geração de físicos japoneses trabalhou na Europa. Dois casos emblemáticos: Yoshio Nishina (1890-1951), que colaborou com o físico dinamarquês Niels Bohr, em Copenhague, e lá desenvolveu uma equação que leva seu nome, e Jun Ishiwara (1881-1947), que interagiu na Alemanha com Albert Einstein (1879-1955) e o alemão Arnold Sommerfeld (1869-1951) e foi o introdutor da teoria quântica no Japão, por volta de 1915.

O Clube do Méson, no entanto, foi a primeira geração de físicos japoneses a dar contribuições importantes para física mundial sem que seus membros tivessem saído do país.

Reciprocidade

O méson aproximou Yukawa e Lattes. Em 1959, o primeiro escreveu uma carta ao brasileiro, propondo que físicos experimentais dos dois países montassem em conjunto um laboratório no monte Chacaltaya (Bolívia), a cerca de 5,5 mil metros de altitude, onde Lattes já desenvolvia pesquisas. Mas, talvez, as raízes da chamada Colaboração Brasil-Japão (CBJ) sejam até anteriores à troca de cartas. "A presença de Taketani em São Paulo, na USP, quando Lattes também estava na mesma universidade, em minha opinião, foi fundamental, embora oficialmente se diga que a conversação aconteceu com o Yukawa", defende Motoyama.

O objetivo da CBJ era estudar propriedades dos raios cósmicos, núcleos atômicos que, a todo instante, bombardeiam a Terra e, ao se chocarem contra átomos da atmosfera, geram um chuveiro extenso de subprodutos – entre eles, mésons.

A CBJ só deslanchou em 1961, quando Lattes e seu ex-professor na USP, Giuseppe Occhialini (1907-1993), foram a Quioto para uma conferência sobre raios cósmicos. No ano seguinte, a CBJ entrou em funcionamento em Chacaltaya e se estendeu por cerca de 30 anos.

Quando finalmente veio ao Brasil – chegando aqui no início de junho de 1958, acompanhado de sua mulher – para a comemoração dos 50 anos da imigração japonesa, Yukawa fez questão de visitar a diminuta Mizuho, perto de São Bernardo do Campo (SP), como forma de agradecimento pela ajuda financeira. Motivo: era dali Zempati Ando, escritor, marxista, filósofo diletante e agricultor, que cortou e vendeu seus pés de eucaliptos naquela vila para iniciar a arrecadação de dinheiro para trazer o Nobel ao Brasil. Segundo Fujimoto, Taketani aceitou o convite do IFT "para encontrar as pessoas [responsáveis pela doação] e para expressar sua gratidão. O convite do IFT foi motivado por decisão do próprio instituto, sem influência [da iniciativa] da colônia japonesa. Mas, na cabeça de Taketani, acho que os dois estavam ligados", conclui Fujimoto.

Pouco depois de sua visita de um mês ao Brasil – que incluiu breve passagem pelo Rio de Janeiro (RJ) –, Yukawa fez o convi-

te para que um estudante brasileiro fosse estudar física no Japão. Hama foi o escolhido por uma comissão de físicos brasileiros que consultaram Taketani, à época de volta ao Brasil. Hama passou de 1963 a 1966 no Japão, onde concluiu seu doutorado. "Fui a Quioto consciente de que o convite do professor Yukawa havia sido uma retribuição do Grupo de Física de Partículas Elementares do Japão, de modo que eu devia muito também ao grupo da colônia japonesa no Brasil, que idealizou esse auxílio. Aliás, o convite do professor Yukawa foi feito para um pesquisador jovem brasileiro, sem nenhuma restrição quanto à sua origem", diz Hama.

A relação entre a física do Brasil e do Japão ainda é uma história por se escrever. Mas dela, certamente, deverá constar a iniciativa daqueles membros esclarecidos – alguns bem humildes – da comunidade de japoneses do estado de São Paulo, bem como o fato de que o dinheiro enviado aos físicos japoneses acabou, no final das contas, rendendo dividendos para a física brasileira.

Portanto, a gratidão tem que ser recíproca.

[Uma versão deste texto foi publicada na *Scientific American Brasil*, janeiro de 2015]

Chacaltaya

Um laboratório nas nuvens

com Antonio Augusto Passos Videira, UERJ

Ao fazer o balanço de um encontro científico ocorrido em julho de 1953, em Bagnères de Bigorre (França), o físico francês Louis Leprince-Ringuet (1901-2000) escreveu que o destino da pesquisa na área de raios cósmicos dependia dos aceleradores de

Portal de entrada do Laboratório de Física Cósmica, no monte Chacaltaya, a 5,2 mil metros de altitude, no início das obras de infraestrutura
Crédito: CBPF (MCTI)

partículas. Dois anos depois, tal previsão seria confirmada em um encontro em Pisa (Itália). Lá, a predominância dessas máquinas foi tamanha que levou um dos participantes, o físico argentino Juan G. Roederer, a resumir a quantidade de dados que os norte-americanos trouxeram para a reunião com o adjetivo "toneladas". Segundo ele, isso marcaria "o fim dos raios cósmicos para o estudo de partículas elementares".

O contraste descrito por Roederer era evidente. Enquanto os físicos experimentais de raios cósmicos – os chamados cosmicistas – chegavam a Pisa com dados sobre poucos mésons – por vezes, menos de 10 dessas partículas com massa intermediária entre a do elétron e a do próton –, os físicos de aceleradores apresentavam milhares desses eventos.

Os aceleradores ofereciam não só abundância na produção de mésons, que, até então, só haviam sido produzidos e detectados nos raios cósmicos – núcleos atômicos altamente energéticos, de origem espacial, que, ao adentrarem a atmosfera terrestre, geram uma chuveirada de partículas elementares que chegam ao solo. Aquelas máquinas – cujos tamanhos e custos cresciam rapidamente, restringindo o número de países capazes de realmente alimentar a pretensão de tê-las – permitiam aos físicos algo tão ou mais valioso que a quantidade: o controle sobre a produção de tais eventos.

E quantidade e controle tornavam as análises mais confiáveis e seguras.

Por sua vez, um cosmicista sempre esteve à mercê da sorte. Com um pouco dela, ele conseguiria fazer com que um ou mais mésons do chuveiro cósmico atravessassem seu detector. E, com mais sorte ainda, o fragmento de matéria capturado seria um integrante ainda desconhecido do universo subatômico. A natureza oferece fenômenos ainda hoje mais energéticos do que as colisões geradas nos aceleradores, mas o preço a se pagar é a incerteza.

As máquinas tornavam realidade um anseio dos cientistas de longa data, ainda do século 19: reproduzir a natureza em laboratório. Feito isso, a natureza poderia ser dispensada.

Além da radioatividade

Pode-se atribuir o começo da história dos cerca de 30 mil aceleradores de partículas que hoje existem no mundo – cerca de 200 deles, como o LHC, do CERN, usados para pesquisa – a um discurso feito por Ernest Rutherford (1871-1937), na Royal Society, em Londres, em 30 de novembro de 1927. Nele, o físico de origem neozelandesa dizia ser fundamental obter partículas mais energéticas que as emitidas naturalmente pelos elementos radioativos. A ideia era usar esses projéteis artificiais para penetrar e, portanto, estudar o núcleo atômico – por sinal, descoberto por ele mesmo, em 1911.

Em 1931, o físico norte-americano Ernest Lawrence (1901-1958), inspirado pela leitura de um artigo do engenheiro norueguês Rolf Wideröe (1902-1996), construiria, com a ajuda de um assistente, o primeiro acelerador circular de partículas (cíclotron) da história – nesse tipo de máquina, um núcleo, a cada volta, ganha energia. Pelo feito desse diminuto equipamento (13 cm de diâmetro), Lawrence ganharia o Nobel de Física de 1939.

A partir daí, aceleradores maiores seriam propostos e construídos. Mas essas máquinas ganhariam relevância com o Projeto Manhattan, que coordenou a grande mobilização científico-militar para a construção das bombas atômicas lançadas sobre o Japão em agosto de 1945. O projeto marca a origem da chamada *Big Science*.

Com o final da guerra, houve a retomada do uso dos aceleradores para a pesquisa básica. Em um deles, o físico brasileiro César Lattes (1924-2005) e o norte-americano Eugene Gardner (1913-1950) obteriam, em 1948, um resultado de grande repercussão tanto científica quanto política.

Berkeley

No início de 1948, Lattes chegou ao Laboratório de Radiação, na Universidade da Califórnia, em Berkeley (EUA), chefiado por Lawrence e que abrigava o então mais potente acelerador de partículas do mundo: o sincrociclótron de 184 polegadas. Com

algumas adaptações, essa máquina havia sido usada para enriquecer urânio da bomba lançada em Hiroshima.

O sincrociclótron havia sido construído com um objetivo: produzir mésons, partículas até então encontradas apenas na radiação cósmica. Na máquina, foi investido cerca de US$ 1,7 milhão, dinheiro vindo do governo e da iniciativa privada. Para angariar tal quantia – vultosa para época –, Lawrence mostrara-se hábil: dizia que o méson permitiria uma física intranuclear; combateria o câncer; seria nova fonte de energia para a humanidade; e, para chamar a atenção do aparato militar norte-americano, produziria a bomba 'mesônica'. Seu sucesso – mesmo que algumas das promessas soassem fantasiosas – deve ser entendido em um contexto mais amplo: o início da Guerra Fria e da *Big Science*.

Porém, mais de um ano depois do início do funcionamento do sincrociclótron, em 1 de novembro de 1946, os mésons não haviam sido detectados nos choques das partículas alfa (dois prótons e dois nêutrons) aceleradas pela máquina contra alvos fixos (por exemplo, carbono). As partículas geradas nessas colisões tinham suas trajetórias registradas nas chamadas emulsões nucleares (chapas fotográficas especiais, semelhantes às usadas para fotografias em preto e branco).

Pode-se supor que Lawrence, naquele momento, estava numa situação difícil, cobrado pelos financiadores. A ausência de mésons também recaia sobre Gardner, chefe da Divisão de Emulsões Nucleares do Laboratório de Radiação – hoje, Laboratório Nacional Lawrence Berkeley.

A situação sofreria uma reviravolta cerca de 10 dias depois da chegada de Lattes a Berkeley. O jovem brasileiro, ao examinar as emulsões ao microscópio, identificaria as trajetórias de píons (um tipo de méson). Sua conclusão: o sincrociclótron produzia mésons desde que começou a funcionar. Essas partículas só não estavam sendo reconhecidas nas emulsões. O píon havia sido proposto em 1935, pelo físico japonês Hideki Yukawa (1907-1981), como a partícula responsável por manter prótons e nêutrons unidos no núcleo atômico.

Por ter aspirado vapor de berílio em seu trabalho no Projeto Manhattan, Gardner sofria de beriliose (perda de flexibilidade dos pulmões), o que o impedia de ficar mais do que alguns minutos ao microscópio. Lattes não só aumentou o tempo de varredura ao microscópio, mas também acrescentou à pesquisa o conhecimento que havia adquirido em 1946 e no ano seguinte em Bristol, trabalhando no Laboratório H. H. Wills, na Universidade de Bristol, na Inglaterra. Lá, sob a chefia do físico britânico Cecil Powell (1903-1969), as trajetórias de píons – com participação decisiva de Lattes – haviam sido descobertas em emulsões nucleares expostas à radiação cósmica no Pic du Midi (2,9 mil metros), nos Pirineus franceses.

Lattes, portanto, sabia reconhecer os traços de mésons nas emulsões. Ou seja, sabia o que buscar ao microscópio. Para o historiador da física norte-americano Peter Galison, a ida de Lattes a Berkeley representou a transferência, para os EUA, de uma técnica que vinha sendo desenvolvida desde a década de 1910 na Europa.

Repercussão

O artigo de Gardner e Lattes com a detecção dos píons no sincrociclótron sairia na revista *Science* em 12 de março de 1948. E o *establishment* do Laboratório de Radiação tratou de promover a descoberta na mídia. O resultado foi notícia em *New York Times*, *Science News Letters*, *Time-Life*, *Nucleonics*, entre outros veículos, que enfatizavam não só as promessas dos mésons, mas também o fato de eles serem os primeiros raios cósmicos produzidos pelo homem. A importância do feito chegou a ser comparada à "descoberta da América".

Lattes chegou a fazer 15 palestras sobre a chamada produção artificial dos mésons. Em coletiva de imprensa, explicou que a quantidade de mésons produzida a cada segundo pelo acelerador era cerca de 10 milhões de vezes superior à obtida pela exposição de emulsões nucleares à radiação cósmica no alto de uma montanha – a cifra dá bem o contexto exato do adjetivo ("toneladas") usado por Roederer.

A produção de raios cósmicos em laboratório foi um feito e tanto. Pesquisas históricas recentes indicam que, para Lattes, esses resultados renderam sete indicações para o Nobel de Física (duas em 1949; uma em 1951; uma em 1952; e uma de 1952 a 1954). No Brasil, eles foram igualmente enaltecidos, fazendo de Lattes um tipo de herói nacional da Era Nuclear.

Além do mérito científico, há naqueles resultados um desdobramento sutil, mas de suma importância: o fato de o sincrociclótron ter produzido píons assegurava que a tecnologia usada naquela máquina (a chamada estabilização de fase) funcionava. E isso permitiria a construção de máquinas ainda mais potentes.

Para Lawrence, a detecção do píon era a fagulha necessária para a obtenção de verbas para a construção de uma máquina mais potente. Com os resultados de Gardner e Lattes, ele conseguiu arrancar da Comissão de Energia Atômica cerca de US$ 8 milhões para o Bévatron, que entraria em funcionamento em 1954 – até então, o orçamento anual do laboratório era de US$ 80 mil por ano.

Na década de 1950, já havia, nos EUA, dezenas de aceleradores de partículas, de tamanhos variados. Começava a chamada Era das Máquinas, marcada por financiamento governamental volumoso, enormes laboratórios nacionais, estreitamento das relações com a indústria e o setor militar. A Europa, com o CERN, e a então União Soviética, com um laboratório em Dubna, seguiriam esses passos.

Era a *Big Science* ganhando momento.

Máquina versus montanha

Os feitos de Lattes em Berkeley foram usados no Brasil em uma campanha em prol da fundação de um organismo dedicado exclusivamente à pesquisa física. Surgiu, assim, em janeiro de 1949, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro (RJ), instituição privada e criada fora da universidade, pois esta, à época, era refratária à pesquisa científica. Lattes, aos 24 anos de idade, era seu diretor científico.

Ao voltar dos EUA, no início de 1949, Lattes dedicou-se principalmente à construção de um laboratório para o estudo da radiação cósmica a grandes altitudes. A escolha natural do local era Chacaltaya, com 5,5 mil metros de altitude, onde o brasileiro havia exposto emulsões nucleares à radiação cósmica ainda no primeiro semestre de 1947, em busca de mais píons, além dos dois capturados por Bristol no Pic du Midi. Além do mais, o pico fica a apenas cerca de 30 km de La Paz – essa proximidade sempre foi uma das vantagens da montanha, por facilitar a logística.

Para o Brasil, Chacaltaya seria a chance de continuar a fazer física de raios cósmicos em condições até melhores do que a de outros observatórios estrangeiros em grandes altitudes no hemisfério Norte. Havia também a esperança – alimentada à época por outros laboratórios nas montanhas – de poder competir com a física de aceleradores. A falta de controle poderia ser compensada pelas altíssimas energias das partículas do chuveiro cósmico – essas energias continuam sendo milhares de vezes superiores às obtidas em laboratório.

Chacaltaya refletia uma visão pessoal de Lattes, aprendida com seu ex-professor, o físico de origem ucraniana Gleb Watgahin (1899-1986): o Brasil deveria fazer uma física adequada à sua realidade científica, econômica e industrial. Ou seja, nada física cara, *à la Big Science*. Mas, ironicamente, aquilo que estava para ser feito no pico andino talvez tenha sido a primeira tentativa brasileira de – guardadas as proporções – fazer física em grande estilo.

Epopeia

Ainda em 1947, o que havia em Chacaltaya era uma estação meteorológica muito simples, iniciada em 1942 pelo meteorologista espanhol Ismael Vallejos Escobar (1919-2009), refugiado da guerra Civil Espanhola (1936-1939), na qual lutou junto às forças republicanas.

Os planos para um laboratório nas alturas começaram a ganhar momento com a doação, a Lattes, de uma câmara de nuvens, por seu colega Marcel Schein (1902-1960), da Universidade de Chi-

cago (EUA). A ideia seria levar esse detector – no qual, as partículas carregadas, ao atravessarem um recipiente contendo vapor d'água, deixam um rastro de gotículas – para o pico andino, para estudar os então recém-descobertos e ainda misteriosos mésons K (káons).

Para isso, Lattes contou com o apoio financeiro da Unesco e do então recém-fundado CNPq, o que possibilitou trazer ao Brasil o físico italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993) e o brasileiro Ugo Camerini (1925-2014), dois de seus colegas de Bristol – Occhialini, codescobridor do píon, havia sido professor de Lattes na Universidade de São Paulo, no início da década de 1940.

Pelos recursos financeiros, logística (trem, barco, avião e até carro de boi), número de participantes, infraestrutura e equipamentos mecânicos e eletrônicos envolvidos, a expedição para Chacaltaya marca um salto significativo na história da física experimental no Brasil. Pouco havia sido feito no país até então nessa área. Exceções que justiçam a regra: os experimentos (de custos modestos) com radiação cósmica feitos por volta de 1940 por Wataghin e dois assistentes, Marcello Damy (1914-2009) e Paulus Aulus Pompeia (1911-1993), em São Paulo. Esses resultados, por sinal, marcam a inserção da física experimental brasileira no cenário internacional. E Lattes era produto dessa tradição de raios cósmicos.

A expedição foi precedida por um acordo entre o CBPF, representado por Lattes, e o reitor da Universidade Maior de San Andrés, assinado em 1952. Criou-se, assim, o Laboratório de Física Cósmica, em Chacaltaya, que, ao longo da década de 1950, foi um departamento do CBPF – com Escobar sendo nomeado professor titular do CBPF. A assinatura do acordo foi acelerada pelo fato de Lattes temer perder Chacaltaya para os norte-americanos, que ali haviam instalado um contêiner com equipamentos científicos em maio daquele ano.

Objeto do desejo

Por sua altitude, Chacaltaya havia se tornado um ponto de referência para a comunidade mundial de cosmicistas, depois da passagem de Lattes por lá em 1947. Na década seguinte, o pico

se tornaria 'objeto do desejo' para esses físicos: a partir de 1954, pelo menos 10 países enviariam expedições científicas para aquela montanha. Por exemplo, em colaboração com físicos e engenheiros bolivianos, norte-americanos liderados pelo físico italiano Bruno Rossi (1905-1993) estudaram por anos naquela montanha aspectos da radiação cósmica.

Em 1954, o CBPF foi atingido pelo chamado 'Escândalo Difini', referência ao professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Álvaro Difini, que, como diretor-tesoureiro da instituição, gastou praticamente todo o dinheiro do orçamento do CBPF em corridas de cavalo. O caso foi parar na imprensa e acabou usado pelo jornalista e político Carlos Lacerda (1914-1977) para atacar seu adversário, Getúlio Vargas (1882-1954).

Por conta da situação, Lattes teve um surto psiquiátrico. Brigado com seus antigos amigos, como os físicos José Leite Lopes (1918-2006) e Jayme Tiomno (1920-2011), e afastado da direção científica do instituto, foi para os EUA se tratar. Lá, trabalhou na Universidade de Chicago e na Universidade de Minnesota. Foi um período difícil, tumultuado e pouco produtivo para o brasileiro, às voltas com episódios de depressão.

A crise criada pelo escândalo e a instabilidade política causada pelo suicídio de Vargas fizeram com que a cúpula cientifica do CBPF cogitasse encerrar suas atividades Chacaltaya. Da expedição brasileira à montanha, sobreviveram várias fotos e um filme. A câmara de nuvens nunca funcionou – ou o fez por curto período. As razões técnicas para a falha nunca ficaram esclarecidas – talvez, a baixa pressão atmosférica local

A montanha permanecia no horizonte dos físicos brasileiros, mas eles teriam que reaprender a escalá-la.

Brasil-Japão

Em 1957, ao retornar ao Brasil, ainda abatido pela doença, Lattes passa um período de cerca de três anos no CBPF. Em 1959, mais uma tragédia se abate sobre ele. Seu laboratório de emulsões nucleares é completamente destruído pelo fogo, que atingiu parte

da rica biblioteca da instituição. Desgastado – e com um salário baixíssimo –, Lattes aceita proposta do colega e físico teórico Mário Schenberg (1914-1990) para voltar à USP, onde seus ganhos lhe permitiriam sustentar mulher e as filhas. Era a chance de retomar sua carreira científica em bases mais consistentes. O conselho técnico-científico do CBPF aprovou a proposta de Lattes: passar metade do ano no Rio e a outra em São Paulo.

Pouco antes de sua ida para a USP, cosmicistas japoneses vislumbraram a possibilidade de um acordo com o Brasil para o uso de Chacaltaya para pesquisas. No Japão, a pesquisa em raios cósmicos havia começado ainda na década de 1930, com o envio de detectores (câmara de ionização, contadores Geiger, câmara de nuvens) para montes como o Fuji e o Syari, cujas altitudes eram inferiores à do pico andino.

Aqueles físicos experimentais pediram a Yukawa que assinasse carta endereçada a Lattes, propondo o acordo, aceito pelo brasileiro. Uma primeira tentativa de levar a colaboração adiante se deu em Moscou, em 1958. Porém, Lattes – talvez, por conta de idiossincrasias pessoais ou estado mental – acabou não simpatizando com representante japonês, Jun Nishimura. A colaboração só evoluiu a partir de um encontro no Japão, em 1962, do qual também participou Occhialini.

Com a chamada Colaboração Brasil-Japão (CBJ), a física experimental brasileira daria outro salto, com números ainda mais significativos do que os envolvidos na construção do Laboratório de Física Cósmica. A CBJ começou na USP, mas, em 1967, por conta de desentendimentos com colegas, Lattes transfere-se para a recém-criada Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Pouco depois, o próprio CBPF ingressaria na CBJ, nela permanecendo até praticamente seu final definitivo, no início deste século.

A infraestrutura em Chacaltaya havia agora sido ampliada, para abrigar detectores volumosos, formados por um chapa de emulsão nuclear de grandes proporções (cerca de 0,2 m^2), coberta por um filme de raios X e placa de chumbo de igual área. Vários desses conjuntos formavam as chamadas câmaras de emulsões,

que chegaram a ter cerca área de 50 m^2. Cada um desses 'sanduíches' era, depois de meses de exposição, recolhido e revelado. Primeiramente, as chapas de raios X eram observadas a olho nu, para a localização dos eventos mais interessantes. Depois, esses locais eram observados nas emulsões, com a ajuda de um microscópio.

Nossa Big Science

Inicialmente, as despesas para uma colaboração de tal envergadura ficariam divididas basicamente ao meio entre os dois países: o Brasil se incumbiria do chumbo, e o Japão, das emulsões e dos filmes de raios X. Mas a maior parte do ônus acabaria por recair sobre a parte brasileira (chumbo, passagens áreas, construções civis e elétricas, bem como o pagamento pelos filmes etc.), pois o financiamento para a pesquisa no Japão ainda sofria os ecos da guerra – além disso, a área de raios cósmicos não contava com muito prestígio naquele país. As emulsões e os filmes de raios X das câmaras maiores chegavam a custar cerca de US$ 100 mil, e o projeto só se tornou viável graças ao financiamento pesado por parte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

Foram nessas câmaras que surgiram, a partir de 1963, as chamadas bolas de fogo, choque subatômico ultraenergético em que são produzidos píons em grandes quantidades. O fenômeno – ainda mal compreendido ou desacreditado por alguns – rendeu várias publicações internacionais para a CBJ – algumas com alto número de citações.

A CBJ – um dos acordos mais longevos da física brasileira – representou um segundo salto na física experimental brasileira, pelo volume de verbas investido, logística e número de pesquisadores envolvidos em um só experimento – e também pelos resultados de repercussão internacional. Desse modo, pode ser denominada como nossa tentativa de *Big Science*. Em termos experimentais, projeto tão grande, custoso e ambicioso só voltaria a ocorrer com a construção do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, na década de 1980, em Campinas (SP).

Retomada da natureza

A entrada em cena dos aceleradores criou uma elite entre os físicos e relegou os cosmicistas a um segundo plano científico no campo da física de partículas. Desde 1950 – quando Powell ganhou seu Nobel pela detecção do píon e pela contribuição à técnica das emulsões nucleares –, cerca de duas dezenas desse prêmio foram dados a resultados obtidos em aceleradores, mas nenhum à área de raios cósmicos.

Por séculos, a natureza foi sinônimo de 'selvagem' – portanto, incivilizada e atrasada. Mas, para países como o Brasil, uma montanha representou a possibilidade de fazer física de partículas de altas energias em um cenário em que a ecologia da física havia se transformado espacialmente (grandes laboratórios), socialmente (líderes chefiando por vezes milhares de pesquisadores) e financeiramente (verbas governamentais volumosas).

A estratégia de apelar para a montanha – um acelerador natural e, portanto, gratuito – permitiu, por duas vezes, saltos tanto em quantidade quanto qualidade na física experimental brasileira, com a geração de recursos humanos importantes para o crescimento que a ciência brasileira viu a partir do final da década de 1960, quando houve a instalação da pós-graduação no país.

Hoje, cerca de sete décadas depois das incursões da física brasileira pelas altitudes dos Andes, nasce um movimento em prol da criação do que está sendo provisoriamente denominado Instituto Regional de Astropartículas, uma infraestrutura administrativa – "Um CERN Sul sem aceleradores", na definição de um de seus idealizadores, o físico Ronald Shellard, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro (RJ) – para os grandes projetos científicos atuais ou futuros que usufruem ou venham a usufruir da natureza sul-americana: a planície dos pampas argentinos; a falta de chuva do deserto de Atacama, no Chile; a blindagem proporcionada por quilômetros de rocha da cordilheira dos Andes para um laboratório subterrâneo; a altitude de Chacaltaya; o céu do hemisfério Sul etc.

Diferentemente do que representou para os exploradores e

militares dos séculos 16 a 18, os Andes não são mais uma barreia intransponível, um limite para além do qual não se pode ir – para os cientistas, pelo menos, tornaram-se um aliado. Chacaltaya foi responsável por elevar a física experimental brasileira a patamares então nunca vistos na história dessa disciplina no país.

É a montanha do Sul que ousou enfrentar as máquinas do Norte.

EXTRA

Acelerador gigante: projeto irrealista

Paralelamente à montagem do Laboratório de Física Cósmica, surgiu um projeto de construção, no Brasil, de um acelerador de energia superior à do sincrociclótron de 184 polegadas. A iniciativa foi capitaneada pelo contra-almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva (1889-1976), que – reverberando os anseios pelo domínio do ciclo completo da energia nuclear dos nacionalistas brasileiros naquele início da Era Nuclear – acabou atropelando oferta de Lawrence ao país, em agradecimento aos feitos de Lattes em Berkeley: ensinar uma equipe de físicos brasileiros a construir um acelerador de pequeno porte, voltado para o ensino e a formação de pessoal.

Irrealista, o projeto do acelerador de 170 polegadas estava fadado ao fracasso. O Brasil não tinha nem tecnologia, nem recursos humanos para a construção de máquina tão sofisticada. "Não sabíamos nem mesmo fabricar lâmpadas elétricas", fulminou Lattes décadas depois. Mas o que soterrou o projeto foi o 'Escândalo Difini' – por sinal, indicado para o cargo pelo próprio contra-almirante, como indica documentação histórica.

A Era das Máquinas – pelo menos, para o Rio de Janeiro – havia encontrado um fim ou, pelo menos, uma longa pausa. A partir da década de 1950, São Paulo, com mais posses e uma universidade desde o início afeita à pesquisa, construiria ou compraria aceleradores, mas voltados para o estudo da física nuclear – e não de partículas elementares.

[Versões deste texto foram publicadas em *Revista de História da Biblioteca Nacional* (Especial História da Ciência 2), em novembro de 2010, em *Ciência e Sociedade*, em 2011, e em *Cosmos e Contexto*, abril de 2012]

O ECLIPSE DE SOBRAL

Comprovação científica ou histórica da teoria da relatividade?

Conta-se que, pouco antes do início da sessão conjunta da Royal Society e da Royal Astronomical Society, em Londres, em 6 de novembro de 1919, um cientista renomado levantou-se na plateia, apontou para um imponente retrato na parede e alertou a todos sobre o que seria dito naquele encontro.

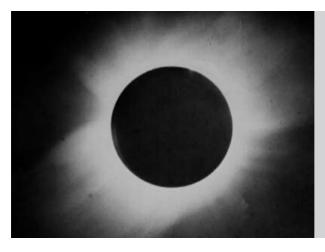



Imagem do eclipse solar de 1919

Crédito: Wikimedia Commons

A pintura retratava o físico inglês Isaac Newton (1624-1727).

O que estava em jogo era a validade de duas impressionantes contribuições intelectuais: a teoria da gravitação de Newton, que já somava cerca de 250 anos de sucesso, e a do físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955), mais conhecida como teoria da relatividade geral.

A sessão se encerrou com a validação da relatividade geral. E, a partir de então, a gravitação de Newton passou a ser um caso específico da primeira teoria, sendo aplicável apenas a situações em que as massas são muito menores que a de uma estrela e as velocidades bem inferiores à da luz no vácuo (300 mil km/s).

A relatividade geral, por sua vez, tornou o instrumental matemático para lidar com a física do gigantesco e do ultraveloz. Seu alvo são estrelas, galáxias, buracos negros, entre outros corpos e fenômenos cósmicos.

Einstein, ao finalizar a teoria, em novembro de 1915, propôs três testes para sua validação. Interessa-nos aqui apenas um deles: o desvio da trajetória da luz quando esta passa perto de corpos muito maciços (estrelas, por exemplo).

As três tentativas

A ocasião para testar esse encurvamento da luz é em um eclipse solar. Fotografa-se o Sol e o céu ao redor dessa estrela antes e depois do evento. Com essas duas baterias de chapas, mede-se um ângulo mínimo, que representa o quanto a luz se entorta.

Até 1919, três tentativas haviam sido feitas. Uma delas em 1912, em Passa Quatro (MG). Chuva e céu nublado impediram as medições. A segunda, na Crimeia (Rússia), cerca de dois anos depois, acabou frustrada por causa da eclosão da Primeira Guerra.

O terceiro eclipse ocorreu em 29 de maio de 1919. Foi observado em dois locais: a ilha de Príncipe, na costa ocidental da África, e em Sobral, no Ceará. Um dos líderes dos trabalhos foi o astrônomo inglês Arthur Eddington (1882-1944).

Dois números liliputianos se enfrentaram nas medições: 0,87 segundo de arco (teoria de Newton) e 1,75 segundo de arco (relatividade).

Pergunta incisiva que assombra a historiografia da física desde então: a relatividade geral teria sido realmente comprovada no eclipse de 1919?

Para muitos artigos e livros, sim. A data é histórica. E desse assento será difícil removê-la. E a mídia da época ajudou a reforçar as bases desse trono: no dia seguinte, o jornal londrino *London Times* estamparia a manchete 'Revolução na ciência – nova teoria do universo – ideias de Newton superadas'. Palavras fortes, sem dúvida. Pouco depois, o *New York Times* – que até então nunca havia citado o nome de Einstein – traria o poético 'Luzes curvam-se nos céus'.

Einstein se tornaria o que talvez tenha sido, entre os cientistas, o primeiro fenômeno de mídia do século passado. Até sua morte, não houve um só ano em que seu nome não tivesse aparecido na imprensa norte-americana.

Na ilha de Príncipe, choveu, e as medições ficaram prejudicadas. Em Sobral, o sol se abriu, depois de nuvens teimosas serem dissipadas. Várias fotografias foram feitas.

Nestas quase dez décadas desde o eclipse de 1919, a suposta comprovação foi atacada pela frente e pelos flancos, por historiadores e cientistas. Um desses protestos é relativamente recente e está nas páginas do *Times Literary Supplement* (TLS), de 24 de setembro de 1999. Nele, o físico David Oderberg, do Departamento de Filosofia da Universidade de Reading (Reino Unido), reclama de resenha feita pelo radioastrônomo inglês *sir* Bernard Lovell sobre dois livros tratando de eclipses solares. "Estou surpreso por essa repetição acrítica de uma afirmação questionável, isto é, de que os resultados do eclipse de 1919 tenham de algum modo comprovado a teoria da relatividade geral de Einstein", frisa na seção de cartas, em tom educado, porém indignado.

Oderberg afirma que argumentos contra a suposta comprovação estão no livro *Gravitation* versus *relativity* (Gravitação *versus* relatividade; G.P. Putnam, New York, 1922), de Charles Poor, professor de mecânica celestial na Universidade de Columbia, nos Estados Unidos.

Depois disso, Oderberg lista oito tópicos que pesam contra a comprovação de 1919. Por exemplo, cita o uso de telescópios impróprios; a grande margem de erro das medições; chapas fotográficas nas quais o desvio sofrido pela luz ao passar perto do Sol estava mais próximo do valor de Newton; o fato de Eddington ter desprezado chapas do grande telescópio de Sobral; a distorção causada pela interferência da atmosfera terrestre nas imagens; e também que, na média, o valor obtido para a deflexão da luz (o quanto ela se curva) diferia em cerca de 19% do valor previsto por Einstein.

Ao final, o missivista recomenda a *sir* Lovell a leitura tanto do livro de Poor quanto de *The Golem: what you should know about science* (O Golem: o que você deveria saber sobre ciência, Canto, 1993), de Harry Collins e Trevor Pinch, que revela máculas da ciência (a comprovação pelo eclipse de 1919 entre elas).

O físico norte-americano Clifford Will, no ensaio 'The renaissance of general relativity', parte do excelente *New Physics: a synthesis* (Nova física: uma síntese; Cambridge University Press, 1989), também reforça o argumento de que, em média, as chapas só tinham 30% de precisão. Will é enfático: "[O]s experimentos com eclipses posteriores não tiveram melhores resultados experimentais; esses mostravam valores que variavam de metade a duas vezes o de Einstein, e os níveis de precisão eram muito baixos."

Sentiria pelo bom Deus...

É preciso contrastar Einstein e a relatividade no cenário da época. A teoria da relatividade geral era entendida por poucos – sua matemática era complexa; e a fenomenologia, pouco verossímil. Para muitos, era assunto do campo da filosofia – daí, em parte, Einstein ter levado o Nobel de 1921 por outro trabalho, o efeito fotoelétrico, no qual propôs que a luz é formada por partículas (fótons).

No início da década de 1920, a teoria foi alvo de nazistas de plantão – entre eles, dois Nobel de Física, Johannes Stark (1874-1957) e Philipp Lenard (1862-1947), o que mostra que o prestígio do prêmio não dá a medida do caráter dos agraciados. Outras

críticas, infundadas, vinham dos que resistiam às mudanças de paradigma na ciência, e as medíocres, da ala que via nisso chance de autopromoção.

Uma pessoa, porém, nunca vacilou sobre a validade da relatividade geral: Einstein. Ainda em 1919, depois da notícia da comprovação, sua assistente, Ilse Rosenthal-Schneider (1891-1960), perguntou-lhe o que teria dito se a teoria não fosse confirmada. "Sentiria muito pelo bom Deus, pois a teoria está correta", teria respondido ele.

Terreno das especulações

Se tão fortes dúvidas pesavam contra a comprovação de 1919, ficamos, então, tentados a voltar àquela pergunta incisiva: por que ela foi considerada comprovada?

Adentramos, agora, o solo das especulações. Eddington foi o maior divulgador em sua época da relatividade no Reino Unido. Conhecia a fundo as entranhas da teoria. Usou-a em seus trabalhos. É provável que, como Einstein, não tivesse dúvidas sobre sua validade. Talvez, tenha acreditado que experimentos posteriores, mais precisos, acabariam comprovando-a – em tempo: isso só ocorreria décadas depois.

Essas hipóteses ficam mais interessantes quando somadas e mescladas ao cenário social e econômico e político daquele final da década de 1910. Por conta dos resultados catastróficos da Primeira Guerra, o mundo sentia-se destruído. Fato. Foi um conflito que, pouco antes, inimaginável. Envolveu países de tradição cultural e, pior, matou cruelmente milhões de pessoas. Matou covardemente um sem-número de soldados nas trincheiras com o uso de gases tóxicos – desenvolvidos por cientistas, vale dizer.

Talvez, Eddington, como quacre (*quaker*) – e, portanto, pacifista –, soubesse que um herói, também pacifista, não faria mal a um mundo esfacelado. Ou, talvez, tivesse agido em prol da ciência, mostrando que essa atividade, dita sem fronteiras, poderia dar sentido transnacional a um mundo que a política havia desunido – afinal, a teoria havia sido elaborada na Alemanha e poderia agora ser comprovada por britânicos, campos opostos da batalha.

Talvez, Eddington tenha visto em Einstein, com antecedência, um pouco do que o físico britânico Freeman Dyson descreve em um trecho de *Einstein's 1912 Manuscript on the Special Theory of Relativity* (O manuscrito de Einstein de 1912 sobre a teoria especial da relatividade), iniciativa, no mínimo, louvável da Jacob E. Safra Philanthropic Foundation.

Dyson relembra Einstein, no início da década de 1920, andando pelas ruas no Japão e sendo reverenciado e tocado por todos. Décadas mais tarde, no mesmo país, ele mesmo testemunhou fato semelhante: dessa vez, o alvo era o físico britânico Stephen Hawking. O curto depoimento termina de modo elegante: os japoneses têm bom gosto para escolher seus heróis. "Talvez eles tenham de algum modo percebido que Einstein e Hawking são muito mais do que grandes cientistas. São grandes seres humanos", finaliza.

Hipóteses à parte, o fato é que Einstein tinha perfil ideal para personificar esse herói. Mente assombrosa, pacifista, já preocupado com a justiça, e homem que se autoproclamava sem nacionalidade. Além disso, como os assuntos terrenos não iam bem, é possível que o imaginário público tenha sentido certo prazer em voltar seu olhar para o cientista que havia desvendado os mistérios de algo extraterreno, do universo como um todo.

O que vem a seguir está nos bons livros: Einstein foi o primeiro grande herói do pós-guerra. Visitou a França e os Estados Unidos, sendo recebido com imenso entusiasmo.

Releitura dos fatos

Todas as conjeturas levantadas até aqui ficam, de certo modo, abaladas por um extraordinário trabalho de pesquisa feito pelo físico e historiador da ciência Daniel Kennefick, da Universidade do Arkansas (EUA). Ele, como mandam as normas do bom fazer histórico, foi a arquivos, descobriu documentos e cartas, revisou minuciosamente a bibliografia sobre o tema. O resultado foi um artigo (30 páginas, em inglês, disponível em http://arxiv.org/abs/0709.0685) que deve ser lido por quem se interessa pelo assunto.

Para Kennefick, não houve nem *bias*, nem julgamento enviesado dos dados. Ele revela algo aparentemente novo: Eddington – que, no eclipse, seguiu para a ilha de Príncipe – não se envolveu na análise das chapas fotográficas de Sobral, o que ficou por conta de pesquisadores do Observatório de Greenwich. E vice-versa.

Kennefick, por vezes, tem que admitir algo de tendencioso nas atitudes e nas escolhas dos cientistas envolvidos. E vale aqui içar uma sutileza que parece ter escapado a ele ao reproduzir palavras de Eddington, quando este reclama de uma combinação de dados que faria com que os resultados "ficassem muito perto da verdade". No caso, a verdade seria: o desvio da luz calculado pela relatividade geral.

Do ponto de vista da leitura fria dos dados, ele defende, com excelente argumentação, que a decisão de dar a relatividade como comprovada foi cientificamente justa.

Porém, isenta?

Sua análise não abarca, como outros autores, o lado subjetivo que poderia ter permeado as decisões daqueles astrônomos.

Portanto, enquanto não surge nova versão dos fatos, é possível seguir pensando que uma crença profunda, de natureza semelhante à certeza inabalável de Einstein, pode ter feito Eddington e seus colegas anunciarem ao mundo a comprovação daquilo que eles acreditavam estar correto.

Se algo a mais do que a frieza dos dados pesou na decisão de Eddington, talvez nunca saibamos. O fato é que Eddington ajudou a criar um mito. Mais do que isso: o ícone que acabou eleito personalidade-síntese do século 20.

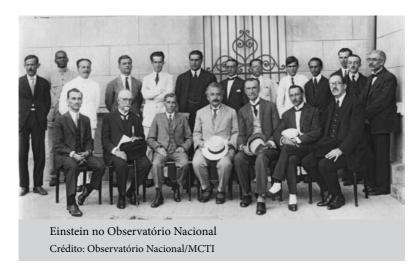
[Uma versão deste texto foi publicada em *Mais!*, da *Folha de S. Paulo* (26/02/95)]

EINSTEIN NO BRASIL

90 anos da visita do autor da relatividade à América do Sul

Há 90 anos, desembarcava no Rio de Janeiro a personalidade que dará nome a este século: o físico Albert Einstein (1879-1955). Há 60 anos, o mundo ficava mais sem graça com sua morte, em Princeton (EUA), nas primeiras horas de 18 de abril.

O navio *Cap Polonio* atracou no porto carioca na madrugada de 21 de março. Seu destino era o Uruguai e a Argentina, onde

Einstein no Observatório Nacional
Crédito: Observatório Nacional/MCTI

Einstein faria palestras. A primeira visita durou só horas, mas causou sensação entre cientistas e na imprensa. Jornais da época –mantendo aqui a ortografia da época – não pouparam elogios: 'genio, com parcella de divindade' (*O Jornal*) e 'Albert Einstein, o emulo de Newton' (*O Malho*). O *Jornal do Commercio* atribuiu ao visitante certa brasilidade, ao chamá-lo 'Professor Alberto Einstein', certa brasilidade. As manchetes de *O Imparcial* e *O careta* eram Einstein.

O Jornal, dirigido por Assis Chateaubriand (1892-1968), publicou a primeira entrevista, com 'o maior genio que a humanidade produzio (*sic*) depois de Newton'. Na pauta, nada de mulheres, natureza ou praias brasileiras. Bem informado, o repórter questionou Einstein sobre a teoria da relatividade restrita, de 1905, as críticas dos alemães à comprovação, em 1919, da relatividade geral, finalizada em 1915, e tópicos mais complicados, como a geometria não planas. Einstein parecia impaciente – talvez, cansado – e deu respostas lacônicas.

A comitiva de sete carros passeou pela cidade. O Jardim Botânico impressionou o visitante europeu. "Como Deus foi generoso com este país. É lindo!", afirmou em seu mau francês, relataram os presentes. Para a recepção no porto, vieram Paulo de Frontin (diretor da Escola Politécnica), Affonso Celso (diretor da Faculdade de Direito), Aloysio de Castro, colega de Einstein na Liga das Nações, entre outros.

Às 12h15, almoço no Copacabana Palace, com cobertura de Chateaubriand. Dele, Einstein ganhou um exemplar de *O Jornal*, com os textos sobre a teoria da relatividade geral e sua comprovação. "O problema concebido por meu cérebro, incumbiu-se de resolvê-lo o luminoso céu do Brasil", escreveu, assinou e datou. Foi o modo gentil de retribuir a comprovação de sua teoria em um eclipse solar em Sobral (Ceará), em 1919.

À tarde, Einstein passeou de carro e a pé pelo centro do Rio e admirou-se com a presença de um japonês. Às 16h, do mesmo dia, voltou ao navio, que seguiu para o Uruguai e Argentina, onde ficou de 25 de março a 23 de abril. Um dos objetivos da viagem À Amé-

rica do Sul era angariar fundos para a criação de uma universidade hebraica em Jerusalém.

Einstein voltou ao Brasil em 4 de maio (19h30), agora para uma semana de estada. Tudo estava previsto: três palestras sobre relatividade (Clube de Engenharia, Escola Politécnica e Academia Brasileira de Ciências). E muitas visitas, homenagens e jantares.

A suíte 400 do Hotel Glória hospedou o físico. O passeio começou pelo Pão de Açúcar. No Palácio do Catete, foto ao lado do presidente Arthur Bernardes (1875-1955). Einstein convidou pessoalmente o ministro da Justiça e o da Agricultura para sua primeira exposição.

Cerca de 200 pessoas lotaram o salão do Clube de Engenharia. Nas cadeiras da frente, políticos, cientistas, generais, almirantes. Um terço de mulheres, noticiou a imprensa. Foram 75 minutos de silêncio e reverência, com aplausos no final. Exceto iniciados, poucos com certeza entenderam. Mas valeu pelo momento histórico. Fotos até dos rabiscos na lousa.

Einstein visitou o Museu Nacional e a Academia Brasileira de Ciências, onde ganhou o título de membro correspondente, o primeiro da história da ABC e fez uma palestra sobre o então estado da teoria da luz. Era para falar sobre a relatividade, mas decidiu, na última hora, mudar o tema para o estado da teoria da luz, pois o assunto – que estava sendo investigado por experimentos na Alemanha e nos EUA – incomodava-o naquele momento. Falou na Rádio Sociedade, exaltando-a como forma de expandir a cultura.

Na manhã do dia 8, encontrou-se com os cientistas Carlos Chagas (1879-1934) e Adolfo Lutz (1855-1940), no então Instituto Oswaldo Cruz. A palestra na Politécnica foi para um público mais restrito, com ênfase em membros de nossa ainda incipiente comunidade científica. Desta vez, orador deixou a didática de lado. Jornalistas noticiaram os primeiros sinais de cansaço do visitante.

Depois dos elogios à goiaba, no café da manhã de sábado, Einstein seguiu para o Observatório Nacional. No almoço, a primeira gafe brasileira: feijoada. O convidado agradeceu, mas

rejeitou – desde criança não comia carne de porco. Mas apreciou a 'pinguinha', repetindo alguns copos.

Recebeu homenagem das colônias alemã e judaica. No Clube Germânia, foi declarado "embaixador da vida espiritual alemã" – ironicamente, oito anos depois, a história trataria de transformar o 'diplomata' em judeu refugiado.

Visitou o Hospital de Alienados, sob direção do médico Juliano Moreira (1873-1932), e pediu para conhecer um caso de "paranoia legítima", influenciado, talvez, pelo triste destino de seu filho mais novo, Eduard, que desde criança aparentava ser portador de um transtorno psiquiátrico.

Terminou sua visita na Associação Brasileira de Imprensa, agradecendo as gentilezas dispensadas. "A todos, de coração, um abraço", finalizou no livro de visitantes ilustres. Recebeu uma coleção de pedras preciosas brasileiras como presente. Voltou à Europa, no navio Cap Norte.

Para os interessados no tema, há as seguintes publicações em português: i) *Einstein no Brasil*, de Aguinaldo Ricieri (Editora Prandiano: S. José dos Campos, 1991), a primeira tentativa de sistematizar material sobre a visita do cientista, reunido boa parte da cobertura da imprensa; ii) *Einstein e o Brasil*, de Ildeu de Castro Moreira e Antonio Augusto Passos Videira (orgs) (Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1995), coletânea que analisa não só a visita, mas também o contexto histórico e científico da época; iii) *Einstein, o viajante da relatividade na América do Sul*, de Alfredo Tiomno Tolmasquim (Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2004), a obra mais abrangente sobre a visita, com ênfase na análise dos diários de Einstein do período e nos arranjos que trouxeram o físico à América do Sul.

Além disso, há passagens em *Formação da Comunidade Científica no Brasil*, de Simon Schwartzman (Rio de Janeiro/São Paulo: Finep/Companhia Editora Nacional, 1979) e uma breve citação em *Einstein lived here* (Einstein viveu aqui; Oxford University Press, 1994), do físico e historiador da física holandês Abraham Pais (1918-2000), que classifica a viagem como uma das últimas de longo percurso feitas pelo autor da teoria da relatividade.

O contato de Einstein com o Brasil ressurgiria na década de 1950, por meio da troca de correspondência com David Bohm (1917-1992). Perseguido pelo macartismo, esse físico norte-americano refugiou-se no Brasil como professor da Universidade de São Paulo. Nas cartas, Bohm reclama da política e da ciência no país. Einstein lhe dá conselhos e tenta acalmá-lo. Em 1952, Einstein enviou ainda carta a Getúlio Vargas, intercedendo por Bohm. Temia que a permanência do colega no Brasil estivesse ameaçada.

Curiosidade: o relógio de pulso de Einstein foi doado para os fundos de construção do Hospital Albert Einstein (em São Paulo), em setembro de 1958, por Hans Albert (1904-1973), seu filho mais velho. Veio também um cheque, nunca descontado.

EXTRA

1925: O estado da teoria da luz

[Uma versão deste texto foi produzida para *Einstein no Brasil*, exposição do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 2015]

Na noite de 7 de maio de 1925, Einstein fez, na Academia Brasileira de Ciências, uma breve palestra com o título 'Observações sobre a situação atual da teoria da luz'. Ao optar pelo tema – e, assim, surpreender os presentes, pois, até então, ele havia falado sobre a relatividade –, o físico alemão demonstrava preocupação com o rumo que teoria e experimento sobre o assunto haviam tomado pouco antes de ele deixar a Alemanha, no início de março daquele ano.

O manuscrito (em alemão) da palestra – o qual sobreviveu e foi descoberto por pesquisadores brasileiros em 1996 – pode ser visto como um divisor de águas entre a 'velha' e a 'nova' teoria quântica, área da física que lida com os fenômenos atômicos e subatômicos – a esse respeito, vale ler 'Still shrouded in mystery: the photon in 1925' (Ainda envolto em mistério: o fóton em 1925), de Richard A. Campos (disponível em http://arxiv.org/abs/physics/0401044).

Em 1923, o físico norte-americano Arthur Compton (1892-1962) publicou os resultados de um experimento em que a luz, ao

se chocar contra elétrons, comportava-se como um feixe de partículas. Recebida com muito ceticismo, a ideia sobre uma natureza corpuscular da luz havia sido lançada em 1905 pelo próprio Einstein. Segundo o historiador norte-americano David C. Cassidy, Einstein foi um dos poucos físicos – talvez, o único – a acreditar na realidade dos fótons (partículas de luz) nos 20 anos seguintes, até que ela fosse comprovada experimentalmente.

Para muitos, os resultados de Compton não deixavam dúvidas sobre a realidade dos fótons. Porém, em 1924, surgiu uma teoria alternativa para explicar esses resultados, proposta pelos físicos dinamarqueses Niels Bohr (1885-1962) e Hendrik Kramer (1894-1952) e pelo norte-americano John Slater (1900-1976). Conhecida como BKS, ela seguia tratando a luz com uma onda – como a maioria dos físicos fazia desde o início do século 19 – e atribuía um caráter estatístico à conservação de energia e de momento em nível atômico. Essas ideias contrariaram Einstein, que fez anotações a respeito em seu diário em sua viagem rumo à América do Sul.

Na Alemanha, os físicos Hans Geiger (1882-1945) e Walther Bothe (1891-1957) decidiram testar as previsões da teoria BKS. Esses resultados, bem como o de um novo experimento de Compton, foram publicados em abril de 1925, dizimando as dúvidas sobre a realidade dos fótons e reafirmando a conservação de energia e momento. Einstein, em sua palestra (em francês) na ABC, demonstrou estar a par de resultados preliminares do experimento de Geiger e Bothe, afirmando que, se confirmados, "haveria um novo e importante argumento a favor da realidade dos quanta de luz [fótons]".

Pouco semanas depois do retorno de Einstein à Europa, o físico alemão Werner Heisenberg (1901-1976) publicaria o artigo que inauguraria a 'nova' teoria quântica (ou mecânica quântica). Einstein, como afirma Campos, não voltaria a escrever sobre a teoria da luz – o que confere ainda mais importância histórica ao manuscrito. À época, ainda não havia uma teoria que englobasse as propriedades corpusculares e ondulatórias da luz.

É bem provável que, em sua estada de 4 a 12 de maio no Rio de Janeiro, Einstein não tenha encontrado interlocutores para discutir a teoria da luz. Quanto à relatividade, o nome mais apropriado seria certamente o de Manuel Amoroso Costa (1885-1928), que, três anos antes, havia publicado um livro introdutório sobre o tema (*Introdução à teoria da relatividade.* Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1995). Porém, naquele momento, o professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro estava na França.

Einstein tornou-se o primeiro membro correspondente da ABC, que, na ocasião, criou o Prêmio Einstein. A tradução de sua palestra está na *Revista da Academia Brasileira de Ciências* v. 1, n.1-3 (1926), e artigo 'Um manuscrito de Einstein no Brasil', de Tolmasquim e Moreira, em *Ciência Hoje* (v. 21, n. 124, 1996), relata a descoberta do documento histórico.

[Uma versão deste texto foi produzida para *Lattes, 10 anos depois*, exposição do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, de 2015]

LATTES (1924-2005)

Nosso herói da Era Nuclear… 10 anos depois*

"Fiz o possível. Fui empurrado pela história."
César Lattes, 1997

"Sua trajetória é realmente muito impressionante. Arrasta consigo a física no Brasil." A síntese foi feita, há exatos dez anos, pela pesquisadora Amélia Império Hamburger (1932-2011), ao se referir a César Lattes (1924-2005), um nome que se tornou – alheio à sua vontade – um mito, ao lado de cientistas como Carlos Chagas (1879-1934) e Oswaldo Cruz (1872-1917). Certamente, nenhum outro nome das ciências exatas deste país está tão presente no imaginário do povo brasileiro.

César Lattes

Crédito: César Lattes / arquivo pessoal

Hoje, uma década depois de sua morte, sabemos um pouco mais sobre a trajetória científica e pessoal de Cesare Mansueto Giulio Lattes, graças à publicação de novos livros e artigos, à descoberta de entrevistas e documentação em arquivos no Brasil e no exterior, a depoimentos de amigos, entre outras novidades. Mas um quadro mais abrangente de sua vida intelectual e o entendimento do alcance de sua obra estão ainda por serem escritos – afinal, em história da ciência, um tema, por mais simples que aparente ser, raramente se esgota, dada a complexidade do entrelaçamento da ciência com outras formas de cultura e com o tecido social e econômico.

Para tentar entender Lattes, é preciso iluminar os bastidores de seu surgimento como cientista. Ele foi produto da fundação da Universidade de São Paulo (USP) e da vinda para essa instituição do físico ítalo-ucraniano Gleb Wataghin (1899-1986). Foi naquele momento que se iniciou, de forma sistemática, a pesquisa em física teórica e experimental no país. Antes da chegada de Wataghin, a física no Brasil pode ser resumida a ações isoladas de pioneiros, sem que estes, em geral, contassem com o apoio do governo ou da universidade. Um desses marcos se dá, por exemplo, com o engenheiro Henrique Morize (1860-1930), que trabalha, em sua tese de cátedra, com raios X e catódicos, na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, pouco mais de dois anos depois da descoberta, na Europa, desses fenômenos.

Ao final do século 19, Morize e outros intelectuais da época deram início a um movimento em prol da 'ciência pura' que desembocou na fundação da Sociedade Brasileira de Ciências, em 1916 (mais tarde, Academia Brasileira de Ciências).

O início dos eventos

Nascido em Curitiba (PR), em 11 de julho de 1924, formado na USP em 1943 (único graduado em física naquele ano), Lattes inicia sua carreira em um momento em que a física, no mundo, sofria grande transformação: passava de uma atividade feita por grupos pequenos, orçamentos restritos e produção de bancada para um cenário comumente denominado *Big Science*: grandes

laboratórios, centenas ou milhares de físicos e técnicos, orçamentos milionários e, principalmente, a construção de aceleradores de partículas de grande porte.

De certa forma, Lattes teve um pé em cada um desses mundos. Começou como teórico com Wataghin e Mário Schenberg (1914-1990) na USP, para, depois, optar pela física experimental, por influência, em parte, do italiano Giuseppe Occhialini (1907-1990), que havia chegado ao Brasil em 1937 e seria professor de Lattes na graduação.

Nessa guinada experimental, Lattes e mais dois jovens físicos, Andrea Wataghin (1926-1984) – filho de Wataghin – e Ugo Camerini (1925-2014), passaram a estudar a radiação vinda do espaço (os chamados raios cósmicos) com a ajuda de uma pequena câmara de nuvens, detector no qual a trajetória de partículas subatômicas com carga elétrica é vista na forma de diminutas bolhas de vapor de um líquido (em geral, água).

Provavelmente, no final de 1945, Lattes recebeu de Occhialini – agora, trabalhando no Laboratório H. H. Wills, na Universidade de Bristol (Inglaterra) – um novo tipo de detector: chapas fotográficas especiais, denominadas emulsões nucleares. Nelas, a trajetória das partículas podia ser observada, com a ajuda de um microscópio, como uma 'fileira' de diminutos grãos de prata metálica. A nitidez e precisão dessas trajetórias impressionaram bastante o jovem físico.

Lattes, então, solicita a Occhialini que lhe consiga uma bolsa para trabalhar no H. H. Wills, no grupo do físico britânico Cecil Powell (1903-1969). Pouco depois, embarca em Santos (SP), no navio cargueiro Saint Rosario – o primeiro, segundo Lattes, a transportar passageiros para a Europa depois do fim da guerra. Chega a Bristol no início de 1946.

Começariam aí os eventos que dariam fama Lattes, fazendo dele 'nosso herói da Era Nuclear'.

Questões inquietantes

Lattes chegou à Inglaterra com um projeto pessoal: empregar as emulsões nucleares – produzidas sob encomenda dos físi-

cos pela indústria fotográfica – para o estudo da radiação cósmica. Esse objetivo começou aos poucos, com Lattes e colegas jovens do H. H. Wills tentando, por meio de experimentos, entender as propriedades do novo detector.

Para um desses experimentos, Lattes – já tendo em mente o estudo da radiação cósmica – solicita à empresa Ilford, fabricante das emulsões nucleares, que inclua em alguns lotes das chapas fotográficas o elemento químico boro. O brasileiro suspeitou que esse incremento possibilitaria a observação indireta de nêutrons criados pelo choque da radiação cósmica contra núcleos atômicos da atmosfera terrestre.

No final de 1946, Lattes pediu a Occhialini – que naquele momento saía de férias para esquiar no Pic Di Midi, nos Pirineus franceses – que levasse consigo e expusesse àquela grande altitude lotes (com e sem boro) de emulsões nucleares. Cerca de um mês depois, já em Bristol, as chapas com boro movimentariam o cotidiano – muitas vezes, monótono – do H. H. Wills. Naquelas chapas, a equipe de físicos e mulheres microscopistas encontrou os chamados mésons, partículas com massa intermediária entre a do elétron e do próton. Os trabalhos com esses resultados foram publicados no início de 1947 e deram àquele laboratório inglês fama mundial nos anos a seguir – e um Nobel a Powell em 1950.

Para entender a importância dessa descoberta, é preciso lembrar que, entre 1937 e 1947, uma das grandes questões da física era saber se havia um ou dois mésons. O primeiro deles havia sido proposto ainda em 1935 pelo físico teórico japonês Hideki Yukawa (1907-1981), como a partícula responsável por mediar a força forte nuclear, aquela que mantém prótons e nêutrons unidos. Porém, dois anos depois, uma partícula com massa e propriedades semelhantes – o segundo méson – foi descoberta na radiação cósmica e ganhou o nome mésotron.

Daí a questão: o mésotron seria o méson de Yukawa? Ou teriam naturezas distintas? Se sim, quais as propriedades de cada uma dessas então novas partículas? Essas questões reuniram em torno delas alguns dos mais brilhantes físicos teóricos e experimentais da época.

A solução de um enigma

A equipe do H. H. Wills daria a resposta a essas perguntas. As emulsões nucleares (com boro) expostas no Pic di Midi mostraram que havia dois mésons: o méson pi (de Yukawa) – este, sim, responsável pela força forte nuclear – e o méson mi (mésotron), que é, na verdade, um elétron pesado. Bristol, porém, havia descoberto apenas dois eventos de um méson pi se desintegrando (decaindo) em um méson mi. Isso garantiu a primazia da descoberta ao grupo, mas impedia o conhecimento de propriedades dessas duas partículas. Era preciso mais eventos desse tipo.

Com a ajuda de um mapa do Departamento de Geografia da Universidade de Bristol, Lattes localizou o monte Chacaltaya (Bolívia), a 5,2 mil metros do nível do mar. Com subsídio do governo inglês, chegou ao pico boliviano por volta de maio de 1947 e lá expôs emulsões nucleares com boro à radiação cósmica – quanto mais alto o local, maiores a chance de capturar partículas dessa radiação. Cerca de dois meses depois, Lattes retornou ao H. H. Wills, e naquelas chapas a equipe encontrou mais de 30 novos decaimentos de méson pi em méson mi, o que permitiu a publicação de dois artigos importantes por ele, Occhialini e Powell em outubro daquele ano na revista *Nature*.

As descobertas de Bristol – e, hoje, sabemos que a participação de Lattes foi decisiva – repercutiram na Europa, o que rendeu aos membros do H. H. Wills convites para encontros científicos. Uma dessas oportunidades foi endereçada a Lattes, que seguiu para Copenhague, em dezembro daquele ano, para uma série de palestras. Nessa ocasião, ele se encontrou com o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), ao qual relatou as descobertas. Disse também que tinha planos de ir trabalhar em Berkeley (EUA), no mais potente acelerador de partículas da época, o sincrociclótron de 184 polegadas.

Bohr estranhou a saída de Lattes de Bristol justamente em um momento em que, nas palavras de Lattes, "as coisas estavam quentes por lá". O brasileiro, porém, estava convencido de que seria possível – contando com alguma sorte – encontrar mésons entre

os estilhaços de partículas produzidos nas colisões do acelerador, usando emulsões nucleares como detector. Em sua volta ao Brasil, Lattes casa-se com Martha Siqueira Neto (1923-2002), com quem teria quatro filhas – ao todo, teve nove netos.

Nosso herói nuclear

Cerca de 10 dias depois de sua chegada, Lattes – já experiente na técnica das emulsões nucleares – e seu colega norte-americano Eugene Gardner (1913-1950) encontraram os méson. E, no início de março de 1948, anunciavam ao mundo – com grande repercussão na imprensa dos EUA e do Brasil – a produção artificial de mésons. Pela primeira vez, a ciência produzia em laboratório, de forma controlada, uma partícula que até então só era conhecida na radiação cósmica.

Os feitos de Gardner e Lattes foram usados estrategicamente por Ernest Lawrence (1901-1958) – Nobel de Física de 1939 e então diretor do Laboratório de Radiação, que abrigava o acelerador – para angariar fundos junto à poderosa Comissão de Energia Atômica dos EUA. Lawrence conseguiu uma quantia vultosa (cerca de US$ 8 milhões), com a qual construiu um acelerador muito mais potente, o Bévatron, no qual seria descoberto o antipróton em meados da década de 1950 – rendendo um Nobel aos descobridores.

No Brasil, os feitos de Lattes foram usados por uma campanha em prol da fundação de um centro de pesquisa em física e da implantação do regime de dedicação integral à docência. Essa campanha foi capitaneada pelo físico José Leite Lopes (1918-2006) e levou à fundação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em janeiro de 1949. Naquele momento, ciência era parte de um projeto de nação, apoiado não só por cientistas, mas também por intelectuais, artistas, industriais e militares nacionalistas – estes esperando dominar o ciclo completo da energia nuclear.

Lattes havia se tornado 'nosso herói da Era Nuclear'. Cerca de 10 anos depois dos primeiros trabalhos que deram inserção internacional à física no Brasil – feitos pelo grupo liderado por Wataghin e por Schenberg –, o Brasil via a chance de o país ingressar

pari passu em um novo cenário geopolítico, no qual conhecimento era sinônimo de poder político e econômico.

Lattes se tornaria *Doutor Honoris Causa* no início de 1948 pela USP. Ele, que sempre criticou a pós-graduação, agora era o 'Prof. Dr. Lattes'. Por sua participação nas duas detecções píon (principalmente, na de 1948, em Berkeley), seria indicado – como mostram pesquisas recentes – sete vezes ao Nobel de Física, entre 1949 e 1954.

Tudo indica ser o maior número de indicações de um físico brasileiro até hoje.

Laboratório nas nuvens

Lattes havia se tornado Diretor Científico do CBPF, aos 24 anos de idade. Dedicava-se quase integralmente à construção do que viria a se tornar o então maior projeto de física experimental na história do Brasil: o Laboratório de Física Cósmica de Chacaltaya – montanha que, devido à detecção do méson pi lá ainda em 1947, passou a chamar a atenção de pesquisadores de vários países.

Em 1952, Lattes decidiu levar para o alto daquela montanha uma câmara de nuvens que ele havia ganhado de seu colega Marcel Schein (1902-1960), da Universidade de Chicago (EUA). O projeto recebeu apoio da Unesco e envolveu a vinda para o Brasil de vários estrangeiros – entre eles, Occhialini e Camerini, que seguia, então, trabalhando em Bristol, onde chegou logo depois de Lattes.

O laboratório de Chacaltaya começou a se desenvolver no mesmo momento em que a Europa, destruída pela guerra, dava início ao Centro Europeu de Pesquisas Nucleares. Foi um salto significativo na história da física experimental no Brasil se medido pelo montante de verbas, equipamentos, recursos humanos e nível de gerenciamento exigido. Guardadas as proporções, o Laboratório de Chacaltaya pode ser entendido como ecos da chamada *Big Science*, o novo modo de fazer física que marcou o período depois do fim da Segunda Guerra, no qual se iniciou a Guerra Fria.

Em 1959, Lattes liderou a chamada Colaboração Brasil-Japão (CBJ), que aproveitaria e ampliaria significativamente a estrutura

já existente em Chacaltaya, para dar continuidade ao estudo da radiação cósmica. A CBJ estendeu-se por quase 30 anos e descobriu fenômenos – até hoje mal compreendidos – relacionados à produção múltipla de píons.

Arrastado pela história

Apesar de se intitular stalinista – por sinal, pouco sabemos o porquê dessa opção –, Lattes citava a Bíblia com desenvoltura. Gostava de animais, era apreciador de música clássica – Vivaldi era um de seus compositores preferidos –, da literatura brasileira – havia gostado particularmente de *Viva o povo brasileiro*, de João Ubaldo Ribeiro (1941-2014) – e da própria história da ciência – costumava andar com o *Principia Mathematica*, de Isaac Newton (1643-1727), debaixo do braço. Esses interesses moldavam sua pessoa e personalidade para muito além da cultura da física.

Foi portador de um transtorno mental – do qual, por sinal, nunca se envergonhou e sobre o qual falava abertamente – que lhe fazia, por vezes, alternar entre episódios de depressão e euforia. Seus feitos científicos posteriores à detecção do píon acabaram injustamente ofuscados por sua imagem pública, marcada por esses momentos de estabilidade/instabilidade. Por exemplo, a partir de 1964, na Itália, iniciou uma linha de estudos em geocronologia, que se mantém ativa até hoje em universidades brasileiras. Sua imagem científica também acabou arranhada por conta de suas idiossincrasias em relação à teoria da relatividade.

Esse quadro mental – que o marcou aparentemente desde a infância – foi fortemente agravado em 1954 por um escândalo de desvio de verbas do CBPF destinadas à construção de um acelerador de partículas de grandes proporções. Nessa tarefa o Brasil, fracassou fragorosamente. Não tínhamos nem capacidade técnica, nem recursos humanos. "Não sabíamos nem mesmo fabricar lâmpadas elétricas", sintetizou Lattes, contrário ao projeto.

O 'escândalo Difini' – referência ao então tesoureiro do CBPF, Álvaro Difini, professor da então Universidade do Rio Grande do Sul – foi levado à imprensa da época, por decisão de Lattes, e aca-

bou estampado na capa do jornal carioca *Tribuna da Imprensa* de 18 de janeiro de 1955, em texto assinado pelo jornalista e político Carlos Lacerda (1914-1977). Essa atitude de Lattes foi duramente criticada até mesmo por amigos de longa data, como Leite Lopes e o também físico Joaquim da Costa Ribeiro (1906-1960).

A repercussão dos fatos levou Lattes a deixar o país. Passou, assim, cerca de dois anos nos EUA, trabalhando na Universidade de Chicago e na Universidade de Minnesota. Sob tratamento médico, foi um período difícil e pouco produtivo para ele.

Os que conviveram com Lattes não hesitariam em afirmar que, mesmo nos momentos mais contundentes de uma crise, seus relatos sempre foram coerentes e apoiados em uma base sólida da realidade. Suas declarações sempre foram embasadas por tremenda honestidade intelectual e, principalmente, modéstia – duas características acentuadas em sua personalidade.

No entanto, como é comum em história da ciência, tentou-se separar o cientista (público) do homem (privado). Mas houve um só Lattes. E ele foi o que foi por causa desse binômio indissociável de sua personalidade: estabilidade/instabilidade.

Apesar de todos os prêmios e as homenagens que recebeu, Lattes achava (sinceramente) que sua contribuição havia sido modesta. Em 1997, no 50º aniversário da descoberta do méson pi, respondeu sem hesitar, ao ser perguntado se mudaria algo em sua vida: “Fiz o possível. Fui arrastado pela história.”

Uma história que, aos poucos, tem se revelado e que ajuda a entender – por sua importância, amplidão e momento – o placo e os bastidores da história não só da física, mas da ciência no Brasil – afinal, seus feitos estão ligados à fundação do então Conselho Nacional de Pesquisa (hoje, CNPq), para ficar em um só exemplo. Nas palavras do físico e amigo Alfredo Marques, ex-diretor científico do CBPF, “O Brasil contraiu com ele [Lattes] uma dívida irresgatável.”

É possível que Lattes, na visão que atribuiu à sua trajetória, tenha sido empurrado por essa força inexorável: a história. Mas não podemos deixar de reconhecer que seu nome, seus feitos e sua fama contribuíram para moldar e dar rumo à física no Brasil. Como

afirmou, em 1973, o físico austríaco Guido Beck (1903-1988) a seu colega alemão Werner Heisenberg (1901-1976), "Lattes foi o ponto fora da curva na física latino-americana".

Dez anos depois de sua morte, em 8 de março de 2005, a homenagem mais justa que podemos fazer a ele é reconhecê-lo em sua integridade. Como a *persona historica* que não pode ser dissociada de sua ciência, suas ideias e seus atos.

E, principalmente, de seu tempo.

* Devido ao caráter de divulgação desta coletânea, a vasta bibliografia consultada para a produção deste texto foi excluída. Ela, no entanto, pode ser consultada no fôlder que acompanha a exposição.]

[Uma versão deste texto foi publicada em *CH on-line*, do Instituto Ciência Hoje, em 12/01/11]

JAYME TIOMNO (1920-2011)

Física, física e... física

Hoje (12/01) é um dia excessivamente triste para a história da ciência no Brasil. Morreu Jayme Tiomno (1920-2011), que pode ser considerado o mais brilhante físico teórico do século 20 neste país.

Talvez, alguns, logo neste início, protestem com a designação dada a esse carioca, criado em Minas Gerais. Poderiam citar, por exemplo, Mário Schenberg (1914-1990), que fez trabalhos importantes no início da década de 1940, com o ucraniano George Gamow (1904-1968) e indiano Subrahmanyan Chandrasekhar (1910-1995). Esses resultados pertencem àquela primeira leva de

Jayme Tiomno
Crédito: Academia Brasileira de Ciências

artigos – aqueles de Gleb Wataghin (1899-1986), Marcello Damy (1914-2009), Paulus Pompeia (1911-1993) – que começou a dar reconhecimento internacional à física feita no Brasil.

A diferença entre esses dois grandes teóricos é que Schenberg, a partir de certo momento, passou a dedicar boa parte de seu tempo à política e às artes – neste último campo, tornou-se crítico respeitável; no primeiro, foi deputado em 1946 pelo Partido Comunista.

Tiomno foi diferente. A vida para ele era física, física e... física. Aconselhava os jovens que caíam sob sua tutela – Sarah Castro Barbosa, por exemplo – a nem mesmo namorar. Na formação, deveriam ter coração e mente voltados apenas à física.

Diferentemente de Schenberg, Tiomno deixou discípulos que estão hoje fazendo física de boa qualidade – aquele físico pernambucano não era muito afeito a orientar alunos. Tiomno, por sua vez, gastou boa parte do seu tempo para aperfeiçoar o ensino de física no Brasil, escrevendo textos e modernizando laboratórios, organizando a pós-graduação.

Tiomno foi um teórico de largo espectro. Passava da física de partículas para a relatividade geral com facilidade semelhante à de trocar de sapatos. Em ambas, era magistral. Deu contribuições realmente importantes às duas áreas. Nesse sentido, nos faz lembrar Paul Dirac (1902-1984), que transitava entre as minúcias do mundo subatômico e as relações entre espaço e tempo com a mesma naturalidade com que ficava calado.

Tiomno é filho daquele entusiasmo pela ciência – principalmente, pela física nuclear – que tomou conta do mundo (e do Brasil) depois da Segunda Guerra Mundial. Na segunda metade da década de 1940, embarcou para um doutorado na prestigiosa Universidade de Princeton (EUA). Lá, trabalhou com John Wheeler (1911-2008). Em 1948, ao chegar em Princeton, escutou de Wheeler, cuja fama era de 'durão', que ele, Wheeler, costumava trabalhar muito – talvez, algum preconceito residual contra um físico que, afinal das contas, vinha de um país sem tradição científica e com fama de festeiro e pouco afeito a compromissos sérios. Mais tarde, Tiomno repetiu as seguintes palavras ditas a ele por Wheeler:

"Nunca trabalhei tanto na minha vida!".

Esse era o lado 'rolo compressor' de Tiomno. Física, física e... física.

Wheeler magnanimamente atribuiu a Tiomno as principais ideias que levaram a resultados importantes obtidos pela dupla. Um deles é conhecido como triângulo de Puppi-Wheeler-Tiomno – que, mais tarde e injustamente, virou só 'triângulo de Puppi'. O próprio Wheeler tratou de reparar esse equívoco histórico. Para ele, como disse em depoimento, o correto seria apenas 'triângulo de Tiomno'.

Palavras de Wheeler: "Eu sempre pensei que esse triângulo deveria ser chamado Triângulo Tiomno. Ele foi o primeiro a obtê-lo. Poucos meses depois de nosso artigo ter aparecido, Giampietro Puppi (1917-2006) publicou ideias similares em uma revista italiana. Ele, também, viu a grande simplicidade de uma interação comum entre núcleons, elétrons, múons e neutrinos. Desafortunadamente, o Triângulo Tiomno é agora conhecido como o Triângulo Puppi, mesmo Puppi não tendo incluído um diagrama em seu artigo."

Essa história está detalhada em dois bons artigos, de autoria de Olival Freire Júnior, da Universidade Federal da Bahia, e José Maria Filardo Bassalo, da Universidade Federal do Pará (http://bit.ly/1L72gO1 e http://bit.ly/1fmwikE)

Posto de modo simples, para nossos propósitos aqui, o triângulo de Tiomno tem a ver com a desconfiança dos físicos, surgida na década de 1930, de que haveria uma quarta e última força na natureza, além da gravitacional, eletromagnética e forte. [Em tempo: esta última também proposta na metade daquela década pelo físico japonês Hideki Yukawa, mas que só ganhou a comprovação final com trabalhos que contaram com a participação de outro físico brasileiro, César Lattes (1924-2005), em 1947, em Bristol (Inglaterra), e em Berkeley (EUA), no ano seguinte.]

A primeira teoria sobre a força fraca, do início da década de 1930, é a do físico italiano Enrico Fermi (1901-1954), que propôs um modelo para o modo com um nêutron no núcleo atômico se

transforma (decai, no jargão da física) em um próton, um elétron e um antineutrino (partícula extremamente fugidia). A partir do início da década seguinte, os físicos começaram a notar que outras partículas decaíam de modo semelhante, por meio desse mecanismo envolvendo a força fraca. O caso emblemático foi o múon, um 'primo' mais pesado do elétron. Assim, aquela força parecia ser universal e estar por trás de vários fenômenos do mundo subatômico. Tiomno foi um dos pioneiros a mostrar que isso era verdade: a força fraca, que só age no âmbito do núcleo atômico, é universal.

Tiomno voltou de Princeton com o terceiro doutorado formal da física brasileira –o primeiro foi o do pernambucano José Leite Lopes (1918-2006); o segundo, o da paulista Sonja Ashauer (1923-1948), que fez o doutorado com Paul Dirac, em Cambridge, e morreu jovem, de forma misteriosa.

Foi à época um trabalho muito importante, e é certo que Tiomno nunca mereceu o devido crédito por sua participação decisiva nessa teoria – foi o preço pago por ser cientista de Primeiro Mundo trabalhando no Terceiro Mundo. Menos mal que historiadores da física no Brasil tenham revisitado essa passagem.

Tiomno foi um dos fundadores do CBPF, formando a famosa tríade Lattes-Leite-Tiomno. A história deste país não fez jus a um dos vértices desse triângulo. Tiomno não teve a fama que Lattes ganhou (merecidamente) por seus feitos no pós-guerra, nem tinha a eloquência que rendia dividendos políticos (e inimizades) a Leite. Era brilhante, porém reservado. Trabalhava calado, publicando e orientando.

É interessante ver como Lattes e Tiomno eram, na segunda metade da década de 1940, amigos com certa intimidade. Isso fica comprovado pelas cartas, em tom bem informal – muitas com palavrões contra burocratas norte-americanos no período que Tiomno estava em Princeton –, que estão depositadas no Arquivo César Lattes, no Siarq, da Unicamp. Era, realmente, uma conversa de camaradas, amigos do peito, de dois físicos que queriam o melhor para a ciência e o povo brasileiros.

Pena que essa relação tenha azedado. Parte da culpa está na

dificuldade de se lidar com Lattes quando este estava em crise por conta de seu transtorno mental; parte dela pelo fato de Tiomno ter se inscrito em um concurso no Instituto de Física da USP que havia sido aberto para Lattes. Apesar de se falarem de modo cordial, a relação entre esses dois grandes físicos nunca voltou a ser a mesma.

Tiomno foi cassado pela famigerada ditadura militar, apesar de não ser 'stalinista', como Lattes gostava de se classificar, nem ter a fala aberta, crítica e direta de Leite – este também obrigado a sair do Brasil por conta de seus ataques ao regime. No caso de Tiomno, quase um apolítico, o que contou foi a mentalidade de 'terra arrasada' daqueles anos de exceção: qualquer ser bem pensante nas universidades ofendia a burrice de golpistas arrogantes.

A revista *Ciência Hoje* deve fazer um *mea-culpa*. Fez o perfil, ao longo de seus quase 30 anos, dos principais nomes da ciência do Brasil. Faltou Tiomno. Não por descaso, mas, sim, porque o gravador usado na longa entrevista teimou em cometer mais uma injustiça com nosso grande teórico: não registrou sua fala. Várias outras tentativas foram feitas, mas elas encontravam, por vezes, um Tiomno sofrendo de depressão ou hospitalizado por conta de algum outro problema médico. A *Ciência Hoje* tem por obrigação entrevistar Elisa Frota-Pessôa, pioneira da física experimental no Brasil. Ambos se casaram na década de 1950 e, nestes últimos 60 anos de união, realizaram feitos científicos de porte.

Elisa foi chefe da Divisão de Emulsões Nucleares do CBPF. Foi de lá que saiu o primeiro trabalho (sobre o modo como o méson pi decaía) no qual se lia 'Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas' abaixo do nome das duas autoras: Elisa e Neusa Amato (1926-2015). Por sinal, o seguinte relato é contado: se Tiomno tivesse olhado com mais cuidado os resultados desse artigo, teria chegado à teoria da força fraca bem antes que seus concorrentes. Se verdadeira, essa história é então das grandes peças que a vida prega.

Hoje é mais do que um dia triste. É triplamente triste, porque nos lembra que a grande tríade Tiomno-Leite-Lattes não está mais aqui. Especialmente triste, porque grande parte dos físicos brasi-

leiros mal sabe quem foi e o que fez cada um dos nomes nos vértices desse triângulo. A razão é que, em muitos casos, não estamos formando físicos, mas, sim, técnicos com PhD, cujo desconhecimento da história da própria área é tão grande quanto a vontade de se transformar em um grande cientista.

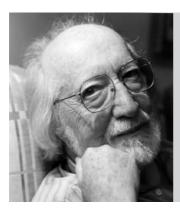
Poucos, porém, chegarão lá.

Leite Lopes (1918-2006)

Mais do que um físico de renome

[Uma versão deste texto foi publicada em *Jornal da Semana de C&T*, outubro de 2006]

Para quem não sabe, o alcance da obra científica de José Leite Lopes (1918-2006) é suficiente para que a história da ciência do século 20 lhe reserva longas e merecidas linhas. Mas Leite – como era chamado pelos amigos – foi bem mais que um cientista de renome. O destino lhe concedeu o título que todos, sem exceção, deveriam almejar: o de grande ser humano.

Sua figura é praticamente indissociável de sua constante preocupação com os desígnios da educação e da ciência de seu país. Sem a mordaça de ideologias limitantes, lançou o vigor de seu discurso – e, por vezes, sua ira flamejante, embalada por uma retórica afiada

José Leite Lopes

Crédito: José Leite Lopes / arquivo pessoal

– contra políticos, burocratas e mesmo colegas de profissão que ousavam ameaçar essas duas instituições. A estes, reservava "a lata de lixo da história". Esse ímpeto lhe valeu a cassação, em 1969, pela ditadura militar. No exterior, principalmente na França, fez carreira brilhante.

Foi acertadamente classificado como um apaixonado. Sua paixão se estendia às artes – especialmente, à pintura, que praticou, e à poesia, que gostava de recitar. E às mulheres, que, para ele, eram "a coisa mais bonita criada por Deus".

Formou-se em química industrial em 1939 no Recife, mas a Física, pouco depois, lhe abocanhou a alma. Em 1945, retornou dos EUA com um doutorado, orientado por Wolfgang Pauli (1900-1958), Nobel de Física daquele ano. Publicou muitos artigos científicos de impacto, mas seu nome sempre estará associado à proposta corajosa, ainda em 1958, da partícula Z^o (lê-se 'Z zero'), envolvida em certos tipos de radioatividade. Nem sempre mereceu o devido crédito por esse pioneirismo. Mas justiça lhe foi feita em 1979, quando recebeu o reconhecimento, no discurso do Nobel de um dos maiores físicos teóricos do século passado, o norte-americano Steven Weinberg.

No final da década de 1940, ao perceber o momento político e o alcance das descobertas de seu grande amigo Cesar Lattes (1924-2005), teve a humildade suficiente para divulgá-las amplamente, enquanto se mantinha dignamente nos bastidores. Foi o gesto de um grande homem, com repercussões de extrema importância para o estabelecimento da estrutura político-administrativa da ciência no Brasil.

Leite Lopes deixou cerca de 20 livros e uma pilha razoável de artigos sobre educação e política científica – a leitura de parte desses textos influenciou José Pelúcio Ferreira (1928-2002), grande administrador da ciência deste país, a idealizar a estrutura de financiamento à ciência e tecnologia no Brasil, por meio de um fundo criado em 1964, o Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec), no então Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – hoje, BNDES, com 'S' de 'Social'.

Leite Lopes passou sua última noite no CBPF, que ajudou a criar em 1949, recoberto pelo símbolo de outra de suas paixões: a bandeira de seu querido Botafogo.

[Uma versão deste texto foi publicada em *CH on-line***,** do Instituto Ciência Hoje, em 13/08/14]

ESCADA PARA A MEDALHA

O 'Nobel' de matemática para um brasileiro

A Medalha Fields é, sem dúvida, uma glória para a matemática – e a ciência – no Brasil. E o nome de Artur Ávila e da instituição que o formou, o Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), no Rio de Janeiro (RJ), estarão para sempre inscritos na história deste país.

Eis, portanto, a chance de lembrar algo de que muitos se esquecem ou acham que não vale a pena lembrar: a escada que elevou esse jovem carioca a tamanho prestígio internacional começou a edificada há muito tempo. E alguns de seus degraus foram esculpidos e cimentados por nomes como Joaquim Gomes de Sou-

Artur Ávila
Crédito: Wikimedia Commons

za (1891-1864); Otto de Alencar (1874-1912); Theodoro Ramos (1895-1935); e Manuel Amoroso Costa (1885-1928).

Haverá aqueles que dirão que nenhum deles deixou "contribuição significativa" para a matemática deste país. Quem o fizer estará meio certo e meio equivocado, pois isso depende do que se entende pela expressão acima entre aspas.

"Contribuição" seria dedicar-se à pesquisa em matemática em um ambiente intelectual inóspito à ciência e totalmente isolado da Europa, como fez Souzinha? Seria combater o positivismo e atacar os erros da matemática do idealizador dessa doutrina filosófica, o francês Auguste Comte (1798-1857), em época na qual essa corrente de pensamento era endeusada pela maioria dos intelectuais brasileiros, como fez Alencar? Ou trazer a matemática feita no Brasil para o século 20, como fez, em sua tese de doutorado, Ramos, que, por sinal, também foi o introdutor da mecânica quântica no país? Ou introduzir por aqui a teoria da relatividade e sua complexa matemática (cálculo tensorial, geometria não euclidiana etc.), como fez Amoroso Costa no início da década de 1920?

Seria de se estranhar (muito) que algum deles demonstrasse um teorema dificílimo ou resolvesse um dos problemas então em aberto da matemática. Souzinha, Alencar, Ramos e Amoroso Costa podem ser vistos como meros "engenheiros e diletantes da matemática" – e, nesse caso, nada teriam a ver com a história que leva a Artur. Ou como pioneiros em um solo árido e infértil para a pesquisa científica – e que, de algum modo, contribuíram com algo tão ou mais importante do que resultados científicos: mudar a mentalidade do ambiente.

Haverá quem diga que a citação de tais nomes aqui é só uma forma de "fazer justiça" a eles. Pergunta-se: haveria algo mais nobre do que fazer justiça?

Há aqueles que gostam de iniciar a história da matemática no Brasil com a Universidade de São Paulo, para onde vieram, em meados da década de 1930, os matemáticos italianos Luigi Fantappié (1901-1956) e Giácomo Albanese (1890-1947). Há os que preferem jogar esse marco para a fundação do IMPA, que, por sinal, nasceu,

no início da década de 1950, em uma sala do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, para – aceitem ou não alguns – resolver um problema de um dos grandes matemáticos que o Brasil já teve, Leopoldo Nachbin (1922-1993), a quem a Universidade do Brasil foi preconceituosamente refratária ao impedi-lo de prestar concurso.

Como a história não evoca para si a exatidão das ciências, então, a escolha de onde começar a história de Artur fica por conta de critérios pessoais, políticos ou do ego de cada um.

Em parte, a medalha de Artur é resultado de uma estratégia formulada e posta em prática há décadas pelo IMPA: pensar grande – e deixar de lado, para citar palavras de Artur a um jornal, a "autoestima de vira-lata" da ciência no Brasil. E isso envolveu – sem conotação pejorativa – fazer *lobby* dos resultados alcançados. Repita-se: não há nenhuma rebarba depreciativa no termo. É algo que, pelo contrário, deve ser enaltecido.

Nesse sentido, vale citar a introdução da *Ciência Hoje* (n. 299) para o especial Nobel que a revista publica anualmente: "A candidatura de brasileiros [ao Nobel] nunca vingou. Este signatário já se envolveu em campanha para a promoção de cientista nosso ao Nobel. Impressão que ficou ao lidar com academias e autoridades daqui: egos inflados, desunião, incredulidade, falta de interesse pela promoção do alheio... *Lobby*, certamente, não decide. Mas é, em certas categorias do prêmio, essencial. E a promoção de candidaturas cairia bem para um país que, neste momento, almeja posição destacada no cenário geopolítico internacional. Mas, talvez, haja outra pergunta (mais incômoda, mais provocativa): o Brasil quer ganhar um Nobel?"

Não há resposta para a pergunta acima. Mas, certamente, o Brasil sempre quis ganhar uma Medalha Fields. E trabalhou muito e duro para isso, formando gente de primeiríssima e obtendo resultados de igual nível. O resultado está aí: um marco *ad aeternum* para a ciência brasileira. E também grande mérito para os chamados Institutos de Pesquisa, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, que, não raramente, sofrem ataques dos que teimam em não entender a história e o papel da pós-graduação neste país.

Se os planos dessas correntes tivessem vingado, o IMPA talvez nunca tivesse formado Artur. E...

Vale aqui lembrar outro brasileiro indicado para a medalha anos atrás, Marcelo Viana, também do IMPA e ganhador da primeira edição (2005) de outro prêmio prestigioso, o prêmio Ramanujan. Como Artur, Marcelo também trabalha com os chamados sistemas dinâmicos não lineares (aqueles que, mesmo minimamente perturbados, podem mudar bruscamente seu comportamento), área em que o Brasil é referência mundial.

E, retrocedendo um pouco mais a linha temporal, tem-se um nome que está na raiz dos feitos de Artur e Marcelo: o norte-americano Stephen Smale, também Medalha Fields e que tem longa tradição de cooperação com a matemática brasileira. Smale é um tipo de 'avô matemático' de Artur e Marcelo.

E, para fazer justiça, vale citar que Artur e Marcelo foram alunos de dois outros grandes nomes da matemática brasileira, Jacob Palis e César Camacho, ambos do IMPA e que, em boa parte, são responsáveis por promover o nome da matemática brasileira no cenário mundial.

Se aceitarmos que a história pode começar quando bem entendermos – ou quando mais nos convier –, corremos o risco de, daqui a 100 anos, nos esquecermos de nomes como Ávila, Viana, Palis e Camacho, entre tantos e tantos outros que construíram (às vezes, no anonimato) a história matemática neste país.

Seria, no mínimo, injustiça.

E aqui vale citar algo que a mídia parece não ter dado a ênfase merecida: a Medalha Fields para uma mulher, a iraniana Maryam Mirzakhani. É também um marco, pois a história na matemática mundial pode ser vista como uma sequência de discriminações e preconceito contra a mulheres. Então, para fazer justiça a duas pioneiras brasileiras, vale mencionar – em uma homenagem a todas as outras matemáticas do Brasil – Marília Peixoto (1921-1961) e Elza Gomide (1925-2013), para ficar com só dois entre vários nomes possíveis.

Escolas e famílias ainda têm o péssimo hábito de dizer para

suas alunas e filhas que matemática – na verdade, ciências exatas – é coisa de menino. Maryam, certamente, servirá de modelo para muitas meninas no mundo que gostam de números e símbolos. E seu nome está agora ao lado de outras pioneiras das exatas (http://bit.ly/1l3skPW).

Talvez, agora, Artur tenha sua biografia no MacTutor, ao lado da de Paulo Ribenboim (http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2012/289/o-amigo-dos-numeros), o único brasileiro até agora a constar desse excelente banco de dados sobre a história da matemática mundial.

Artur deve ser longamente saudado – e desde já se deposita nele a esperança de que forme muitos outros matemáticos. O IMPA merece respeito e os mais efusivos cumprimentos por continuar a formar pesquisadores tão gabaritados. E por nunca ter deixado de pensar grande.

Nesse momento de glória para a ciência brasileira – algo, talvez, só comparável à detecção do méson pi pelo então jovem físico César Lattes (1924-2005) –, não podemos nos esquecer que Artur é, sim, produto de uma luta – longa e, por vezes, bem inglória – pela instauração e manutenção da pesquisa no Brasil.

De sua parte, Lattes nunca se esqueceu de seus professores e de citar o valor de pioneiros, como Souzinha, Alencar, Ramos e Amoroso Costa, entre tantos outros.

[Uma versão deste texto foi publicada *Memória Hoje* v. 2 – Ciências Exatas, Alicia Ivanissevich e Antonio Augusto Passos Videira (orgs.), Rio de Janeiro: Ciência Hoje (2009)]

ESCRETE DE OURO

As primeiras gerações de físicos no Brasil

Todo torcedor de futebol sempre se lembra – não sem certo saudosismo – daquela escalação ideal, 'de ouro', de seu time. Não que as gerações seguintes não tenham trazido jogadores de igual capacidade técnica, mas, por um motivo ou outro, tende-se a guardar na memória certos lances sensacionais, gols de placa, vitórias implacáveis.

O fato de a SBPC completar seu 50º aniversário em ano de Copa do Mundo [1998] traz à mente uma analogia irresistível. Pode-se dizer que foi na década de 1940 que a física no Brasil formou uma espécie de 'escrete de craques' inesquecível.

Joaquim da Costa Ribeiro, César Lattes e Giuseppe Occhialini
Crédito: CBPF (MCTI)

Mário Schenberg e
José Leite Lopes
Crédito: CNPq/MAST (MCTI)

Nosso time à época era formado por nomes como Mario Schenberg, César Lattes, José Leite Lopes, Joaquim Costa Ribeiro, Marcello Damy de Souza Santos, Jayme Tiomno, Paulus Aulus Pompeia, Sonja Ashauer, Walter Schützer, Plínio Sussekind Rocha, Francisco de Oliveira Castro, Yolande Monteux, Oscar Sala, entre outros.

A história incumbiu-se de dar ao Brasil a competência de técnicos brasileiros como Luiz Freire (1897-1963), em Recife, e estrangeiros como o ítalo-russo Gleb Wataghin (1899-1986) e o italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993), em São Paulo, e o alemão Bernhard Gross e o austríaco Guido Beck (1903-1988), no Rio de Janeiro.

Assim como a famosa Seleção de 1958, que faturou a Copa na Suécia, foi essa escalação de cientistas que trouxe pela primeira vez para a física do país o reconhecimento internacional, cerca de 150 anos depois das primeiras aulas práticas de física, em 1800, no seminário de Olinda (PE), seguidas pelas aulas no Laboratório de Física e Química do Museu Nacional, no Rio de Janeiro, em 1820.

Escolher entre tantos gols e vitórias memoráveis é tarefa árdua. Assim, deve-se recorrer então a um tipo de 'melhores lances', lembrando que, como no futebol, os gols da ciência nascem de jogadas coletivas, e as vitórias são sempre do time e nunca de um jogador isolado.

Vamos a alguns *replays*. Em 1941, o pernambucano Mário Schenberg (1914-1990) e seu colega soviético George Gamow

(1904-1968), ambos trabalhando na Universidade George Washington (EUA), trataram de explicar a causa da explosão de estrelas gigantes, fenômeno denominado supernova. No final de sua evolução, o interior dessas estrelas atinge temperatura de bilhões de graus. Os núcleos dos átomos que formam esse caroço quentíssimo passam, então, a capturar e emitir sucessivamente elétrons. Essa reação nuclear vem acompanhada também da emissão de neutrinos.

Sem carga elétrica e com massa quase nula, os neutrinos não têm dificuldade em atravessar as camadas externas da estrela, roubando grande quantidade de calor de seu centro. Isso leva à diminuição da pressão em seu interior, o que acaba 'puxando' as camadas externas para a parte central. Para compensar essa perda de energia, o caroço estelar acaba esquentando e, como esse calor não tem como escapar, as camadas externas acabam expandindo-se e produzindo uma explosão luminosa, a supernova.

Conhecido por seu bom humor, Gamow resolveu comparar essa fuga de neutrinos ao modo como o dinheiro 'escapava' das mãos dos apostadores no então Casino da Urca no Rio de Janeiro (mais tarde, sede da hoje extinta TV Tupi). Por analogia, o mecanismo descrito em 'Neutrino theory of stellar collapse', publicado em *Physical Review* (59, 539-547, 1941), ganhou nome de Processo Urca.

Gleb Wataghin, Marcello Damy de Souza Santos, Paulus Aulus Pompeia
Crédito: Arquivo do CAPH - USP

Também correto e generoso, Gamow sempre deixou claro que a ideia de incluir os neutrinos para explicar esse processo havia sido do físico brasileiro.

Outro lance marcante da década de 1940 foi a descoberta de uma nova partícula, da qual participou o físico paranaense Cesar Lattes (1924-2005). No início de 1947, então com 22 anos, Lattes, o italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993), seu professor no Brasil, e o inglês Cecil Frank Powell (1903-1969), líder da equipe, detectaram o chamado méson pi, partícula responsável por 'carregar' a chamada força forte, que mantém os prótons 'colados' no núcleo atômico.

A descoberta ocorreu no Laboratório H. H. Wills, da Universidade de Bristol (Inglaterra), e foi publicada sob o título na edição de 24 de maio de *Nature* (v. 159, 694, 1947). No ano seguinte, Lattes, nos EUA, também detectou mésons pi produzidos pelo acelerador de partículas de Berkeley, na Califórnia. O feito ganhou as páginas de revistas e jornais no Brasil e no exterior, rendendo notoriedade ao físico brasileiro e à ciência do Brasil.

Outras vitórias da equipe de 40 levam nomes estranhos como 'efeito termodielétrico' (ou 'efeito Costa Ribeiro'), 'limite Chandrasekhar-Schenberg', 'Chuveiros Penetrantes' etc. Mas descrever aqui tantos trabalhos não menos importantes é impossível nos breves '90 minutos' deste texto.

Os bons resultados teóricos e experimentais desse pequeno grupo de físicos – e principalmente a descoberta do méson pi – contribuíram para institucionalizar a ciência no país, o que ocorreu por meio, por exemplo, da fundação de órgãos de fomento à pesquisa, como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (então, Conselho Nacional de Pesquisas), ainda em 1951.

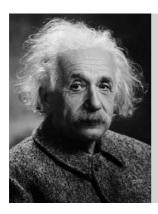
Daquela Seleção de Ouro dos anos 40, a gente nunca esquece.

RESENHAS

[Uma versão deste texto foi publicada em *Mais!*, da *Folha de S. Paulo* (05/12/99)]

A REVOLUÇÃO DE EINSTEIN

A física do gigantesco

Quase meia-noite, 31 de dezembro de 2000. Alguém decide fazer um balanço de sua biblioteca pessoal. A ideia é saber quão bem ela representa o século que acaba. Tarefa, claro, difícil. Mas vai uma sugestão: se na estante houver um livrinho, com cerca de cento e poucas páginas, cujo título original em alemão é *Über die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie*, nossa personagem poderá desfrutar a festa mais feliz. Aquela biblioteca guarda, em meros 2 cm de espessura, fração importante da história e da ciência dos últimos cem anos.

Albert Einstein
Créditos: Wikipedia, fotógrafo Oren Jack Turner

Antes que se desconfie de tamanho entusiasmo, é preciso tentar mostrar o que é *A teoria da relatividade especial e geral*, que sai pela primeira vez no Brasil [1999], editado pela Contraponto (Rio de Janeiro). Sem contar seu valor histórico, esse livreto é o relato simplificado do físico alemão Albert Einstein (1879-1955), um dos maiores cientistas de todos os tempos, sobre a teoria da relatividade geral, já classificada como a maior contribuição intelectual de um só homem neste século.

Feita essa definição, vale, então, apresentar três pontos: a teoria em si, a linguagem de Einstein e o contexto histórico.

A relatividade geral é hoje uma das duas colunas que sustentam a física moderna. Foi aprovada em testes severos. O mesmo ocorreu com a chamada mecânica quântica, a segunda coluna, teoria que lida com fenômenos do diminuto mundo dos átomos e das moléculas. O foco da relatividade são objetos gigantescos, do mundo do muito grande, como planetas, estrelas, galáxias etc. Assim como a relatividade geral, a mecânica quântica foi testada inúmeras vezes, recebendo o título de teoria mais precisa da história.

Da publicação da versão completa da relatividade geral em março de 1916 até hoje, a pesquisa nessa área passou por altos e baixos. Estranho, porém, é que, ainda na década de 1920, logo após sua confirmação histórica, essa área tenha ficado restrita a poucos físicos. Alguns dos motivos: os testes experimentais para a teoria eram ainda difíceis, e a relatividade era uma obra-prima que parecia acabada, só à espera de refinamentos – que o próprio Einstein tratou de apresentar.

Além disso, a atenção dos cientistas na década de 20 estava praticamente voltada para a recém-criada mecânica quântica, como ponderou o historiador da ciência dinamarquês Helge Kragh, em palestra no Brasil. Segundo ele, era dessa área, acreditavam então os pesquisadores, que sairiam os próximos prêmios Nobel. E isso se mostrou correto.

Hoje, reavivada principalmente por trabalhos do início da década de 1960, a pesquisa em relatividade ganhou força com vasta quantidade de dados experimentais e com a descoberta de corpos

e fenômenos astronômicos, como pulsares (corpos que emitem radiação em intervalos de tempo regulares), radiação de fundo (um tipo de eco do *Big Bang*, a explosão que deu origem ao Universo) e os buracos negros (corpos maciços que sugam luz e matéria). Essa física do gigantesco é tratada pela relatividade geral.

A relatividade geral está também em cena graças às dificuldades que surgem quando se tenta uni-la com a mecânica quântica (ou vice-versa). A meta é chegar a um tipo de teoria final, que trataria de todos (ou quase todos) os fenômenos da natureza. Porém, o mundo do imenso e o do minúsculo teimam em não querer se juntar facilmente. E o debate continua.

A teoria da relatividade especial e geral não é um livro de divulgação no sentido que se dá hoje às obras de popularização da ciência. Então, é preciso, ainda que vagamente, tentar esclarecer o que era a divulgação científica no início do século. Longe dos milhares ou milhões de leitores que vêm atingindo nas últimas duas décadas, a divulgação científica à época era endereçada a uma elite bem formada, intelectual. Não é por menos que Einstein se refere tanto nesse quanto em outro livro seu de divulgação, *A evolução da física* (1938), a um leitor esclarecido, mas que não domina o aparato matemático. Hoje, escrever para tamanho público implica simplificar ao máximo conceitos – e, por vezes, semear uma dose de sensacionalismo para que deles surjam um *glamour*.

Einstein não era fã do sensacionalismo. Sua linguagem é um emblema de como um cientista deveria se reportar ao público não especializado da época. É clara, elegante – Einstein era um artífice da língua alemã –, muito simplificada e extremamente pictórica. É prazeroso ser conduzido por Einstein a certos fatos simples, porém paradoxais, do cotidiano. Para isso, ele vai aos poucos construindo um mundo imaginário com trenzinhos, réguas, relógios, pássaros, seres achatados que vivem em esferas, mas não têm consciência disso.

O livro guarda um pouco do Einstein professor secundário. Revela também um pouco do caminho lógico que o levou a rever as noções de espaço, tempo e gravidade em sua teoria da relatividade especial (1905) e geral (finalizada em 1915).

A receita que o próprio Einstein dá é a atenção. Não é preciso muito mais. Ele começa por conceitos básicos de geometria que vão dando alicerce para assentar o que vem pela frente. Sua estratégia é interessante: aos poucos, vai incutindo dúvidas no leitor, mostrando a contradição existente por trás de conceitos simples, os problemas de encarar espaço e tempo como absolutos.

Por vezes, a explicação toma a forma de diálogos, com Einstein formulando perguntas penetrantes à figura do leitor. Tem-se, então, a ilusão (prazerosa) de se estar conversando, de igual para igual, com o autor.

A passagem mais difícil pareceu estar mais ao final, quando Einstein explica os chamados espaços curvos. Há, realmente, um sobressalto, exigindo, em um dos capítulos, algum conhecimento prévio. Mas, ainda no prefácio, há um alerta: "A leitura pressupõe que o leitor tenha formação equivalente à do ensino médio e – apesar da brevidade do livro – força de vontade e paciência".

Baseado no conselho de Einstein, supõe-se que o personagem fictício do início deste texto poderia ser um universitário de ciências exatas. Para este, o livro não trará dificuldades. Mesmo o resíduo matemático que Einstein propositadamente deixou pode ser desvendado por estudantes de biológicas, porque as passagens são triviais, bastando um pouco das seis operações matemáticas para entendê-las. A um estudante de humanas, cioso de conhecer mais das ciências exatas do século 20, bastará a receita de Einstein.

Além dos 32 capítulos curtos (outro mérito do livreto), há outros cinco tópicos no apêndice, onde o autor despeja deduções matemáticas e outros aprofundamentos. O de número cinco traz uma atualização que Einstein escreveu em 1952 sobre a relatividade e o problema do espaço.

Valem, porém, duas considerações sobre o valor histórico da obra. Primeiramente, o fato de o livreto ter sido finalizado em dezembro de 1916. De 1911 a 1915, Einstein trabalhou brutalmente. Em carta a seu amigo Marcel Grossmann (1878-1936), chegou a pedir ajuda quase em desespero, "caso contrário acho que vou enlouquecer", escreveu. Eram problemas com a teoria.

Einstein começou a pensar em escrever esse livro pouco depois de finalizar a relatividade geral – trabalho que faria dele merecedor de longas, longas férias; havia oito anos que ele remoía o assunto. No começo de 1916, em carta ao amigo Michele Besso (1873-1955), diz estar com dificuldades em começar. "Por outro lado, se eu não o fizer, a teoria, simples como basicamente ela é, não será entendida assim." Portanto, causa espanto o fato de Einstein ainda ter guardado forças para popularizar suas ideias.

E aqui vem a segunda consideração. O livreto ajuda a reforçar a ideia de que Einstein estava profundamente certo sobre a validade da relatividade geral. Ainda em 1917, quando da primeira edição, a teoria tinha basicamente um só ponto a seu favor: explicava uma anomalia na órbita do planeta Mercúrio – o que, sem dúvida, já era fantástico. Dois outros testes possíveis para ela só viriam em 1919 e em 1960.

A Editora da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) publicou *Einstein's Miraculous Year - Five Papers That Changed the Face of Physics* (O ano milagroso de Einstein – cinco artigos que mudaram a face da física), coletânea de cinco dos seis trabalhos que Einstein produziu em 1905. Entre eles, o que deduz uma versão da fórmula mais famosa da ciência, o $E = mc^2$, bem como aquele que contém a hipótese que Einstein considerava como a mais revolucionária de sua carreira: a de que a luz é formada por partículas, mais tarde denominadas fótons.

O prefácio é do físico britânico Roger Penrose, ele mesmo um dos responsáveis por reanimar a pesquisa em relatividade no início da década de 1960. A introdução de cada um dos trabalhos originais é do físico John Stachel, da Universidade de Boston, um dos maiores especialistas em Einstein do planeta.

Para essa coletânea, com cerca de 200 páginas na versão em inglês, o público muda. E o livro passa a ser interessante para universitários de ciências exatas que quiserem conhecer um pouco da tempestade mental por que passou o autor naquele ano. Os trabalhos são originais, o que implica matemática intrincada. Se mais esse livro de Einstein também estiver em sua estante, dê-se ainda por mais feliz.

Como já foi dito, já que a palavra gênio existe nos dicionários, ninguém melhor do Einstein para ser classificado assim. Porém, este encarava o assunto com certo desdém. Acreditava que duas de suas melhores qualidades eram trabalhar muito e ser teimoso como uma mula. Acreditava mais no suor e na criatividade do que numa suposta genialidade.

A capacidade de trabalho de Einstein sempre foi reconhecida como brutal. E isso é o que explica em parte seu livro *A Teoria da Relatividade Especial e Geral* ainda em 1916 e a produção estonteante de 1905, reunida em *Einstein's Miraculous Year*. Abraham Pais (1918-2000), físico holandês e autor de *Sutil é o Senhor* (Nova Fronteira, 1995), candidata a biografia científica definitiva de Einstein, descreve num texto curto, porém tocante, essa capacidade.

Meses antes da morte de Einstein, Pais fez uma visita a ele, em Princeton (EUA), onde Einstein morava desde o início da década de 1930. Encontrou-o sentado em uma poltrona, colcha no colo, prancheta, papel e caneta na mão. Conversaram meia hora, e Pais se despediu. Deu cinco ou seis passos até a porta do quarto e resolveu dar uma última olhada no velho amigo. Einstein já estava de cabeça baixa... trabalhando.

EXTRA

Denis Brian: 20 anos de trabalho

[Uma versão deste texto foi publicada em Ilustrada, da Folha de S. Paulo (23/05/98)]

O leitor interessado na vida do físico alemão Albert Einstein (1879-1955) – mesmo aquele sem formação científica – deve proceder assim: empurre os livros da estante, abra um vão de pelo menos 3 cm entre eles e reserve o espaço para *Einstein - A ciência da vida* (Ática, 576 páginas, 1998), de Denis Brian.

Resultado de 20 anos de trabalho, as pesquisas bibliográfica e documental impressionam. O conteúdo deixa pouco espaço para futuros biógrafos tentarem empreitada semelhante.

A modéstia não impede que a voz calma de Denis Brian, 74, galês de Cardiff, ex-jornalista, ganhe um tom de satisfação ao re-

petir o adjetivo “soberbo”. Foi com ele que a resenha do jornal londrino *Times* qualificou seu trabalho.

Brian confessa que até Robert Schulmann, o responsável pelos Arquivos Einstein, na Universidade de Boston (EUA), mostrou-se “satisfeito” com a obra - nada mal, vindo de alguém que, pelo cargo que ocupa, deve evitar preferências por um ou outro biógrafo do físico alemão.

De sua casa, em West Palm Beach, na Flórida (EUA), Brian, que prepara a biografia do jornalista norte-americano Joseph Pulitzer (1847-1911), falou à *Folha*.

Folha - Não era um grande risco escrever sobre uma personalidade que já contava com dezenas de biografias?

Denis Brian - Foi um desafio interessante. Lembro-me de ler uma resenha sobre o livro de Clark [Ronald Clark, autor da *Einstein - The life and times*, 1971] na revista *Time*. Nela, o autor dizia que Clark tinha escrito tanto sobre Einstein que parecia que ele estava tentando evitar que qualquer outro biógrafo fizesse o mesmo. Ele dizia também que Clark parecia conhecer o que Einstein tinha feito minuto a minuto. Como biógrafo, já tinha escrito sobre Ernest Hemingway e J. B. Rhine, um professor da Universidade Duke (EUA) que pesquisou parapsicologia. Eu pensei: “Quem é a pessoa mais interessante do século 20?”. Sem dúvida, Einstein.

Folha - Mas o que o motivou realmente a começar a tarefa?

Brian - Quando estava escrevendo a biografia de Rhine, entrevistei sua secretária sobre uma carta que Einstein escreveu para ele. Na entrevista, ela me contou aspectos de uma viagem que Einstein havia feito à Califórnia. Foi isso que me motivou a escrever sobre ele. Pensei: “Esse é o homem sobre o qual gostaria de escrever”.

Folha - Por quê?

Brian - Não sabia quase nada sobre ele e, mesmo assim, me parecia intrigante. Todos o colocavam em um pedestal como um santo secular sem dizer o porquê. Como biógrafo, sei que as pessoas fazem isso com as celebridades. Então, resolvi descobrir como era o homem real por trás de Einstein.

Folha - O senhor tem alguma formação científica?

Brian - Não estudei física na escola. Sei muito pouco sobre física. Decidi, portanto, que era preciso adquirir um conhecimento básico sobre o trabalho de Einstein. Escrevi, então, um livro, publicado pouco antes dessa biografia, *Genius Talk: conversations with Nobel scientists and other Luminaries* [algo como Papo de gênio: conversas com cientistas ganhadores do Nobel e outro luminares; Plenum Press, 1995]. Entrevistei cientistas sobre a vida de Einstein, sobre física em geral, física teórica etc. Depois disso, achei que estava pronto para discutir com os amigos de Einstein e escrever a biografia.

Folha - Onde foi feita a maior parte da pesquisa bibliográfica e documental? E quantas foram realizadas entrevistas ao todo?

Brian - Passei um tempo na Universidade de Princeton e na Universidade de Boston, onde há cópias dos Arquivos Einstein. Conversei na Universidade de Harvard com o último homem que entrevistou Einstein antes de ele morrer [o historiador da ciência], I. Bernard Cohen (1914-2003)]. Muito do trabalho foi feito por telefone. Acho que foram centenas de entrevistas.

Folha - O senhor contou com a ajuda de cientistas para assessorá-lo em partes mais técnicas?

Brian - Entrevistei o professor (Robert) Schulmann, da Universidade de Boston [EUA], responsável pelos Arquivos Einstein lá. Consultei-o várias vezes, sempre que algum ponto me parecia intrigante. Um deles foi sobre a filha de Einstein [Lieserl, nascida antes do casamento formal com Mileva Maric, física e primeira mulher de Einstein]. Isso foi uma grande surpresa para mim. Para as partes científicas, assessorei-me com outras pessoas, como o Abraham Pais [físico e biógrafo de Einstein] e Murray Gell-Mann [Nobel de Física de 1969].

Folha - Qual ponto lhe deu mais trabalho?

Brian - Acho que foi tentar explicar como um homem com a personalidade de Einstein teve uma filha que ele aparentemente esqueceu. Tentei mostrar qual seria a melhor explicação para isso com base em conversas com pessoas que o conheceram bem.

[Uma versão deste texto foi publicada em *questões da ciência, piauí* (21/07/11)]

DIRAC

O silêncio mais estranho

Não sem razão, o físico inglês Paul Dirac foi batizado por seu colega dinamarquês Niels Bohr de "o homem mais estranho do mundo". A alcunha inspirou o título de uma biografia escrita por Graham Farmelo que permanece inédita no Brasil: *The strangest man – the hidden life of Paul Dirac, mystic of the atom* [O homem mais estranho – a vida secreta de Paul Dirac, o místico do átomo; Basic Books, paperback, 2011]. Lá fora, resenhas, elogios e prêmios. Aqui, até onde foi possível apurar, a única menção ao livro foi numa coluna para adolescentes num jornal paulistano – que o considerou "melhor livro do ano".

De lá para cá, silêncio do meio editorial.

Paul Dirac
Crédito: Wikimedia Commons

Num mundo cheio de personalidades esquisitas e transtornos psiquiátricos cientificamente fundamentados, a personalidade excêntrica de Paul Dirac (1902-1984) poderia ser só mais uma. No entanto, a seu favor (ou, no caso, contra ele), pesa seu currículo: trata-se do mais jovem teórico até hoje a ganhar o Nobel de Física – isso foi em 1933. E já que a palavra consta dos dicionários: gênio.

Se alguém fizer uma lista dos cinco maiores físicos teóricos do século passado e não incluir esse inglês de cabeça triangular e bigodinho irritante à francesa, desconfie. Você não estará diante de um historiador da física profissional.

Dirac foi o cientista que juntou, num só quadro teórico, os dois pilares da física contemporânea: a relatividade (no caso, restrita) e a mecânica quântica. A primeira lida com fenômenos que envolvem velocidades próximas à da luz e massas que viram energia (e vice-versa), como previsto pela famosa fórmula $E = mc^2$. A outra trata das profundas estranhezas do mundo atômico e subatômico, onde entidades ora são corpúsculos, ora são ondas, corpos se comunicam instantaneamente e partículas podem ocupar dois lugares ao mesmo tempo.

Estranhezas comparáveis à personalidade de Dirac.

Mas o inglês será sempre conhecido por ter (não sem resistência) visualizado na equação que hoje leva seu nome a antimatéria – no caso, apontou a existência de antielétrons, batizados logo depois pósitrons. A diferença básica entre matéria e antimatéria é o fato de suas cargas elétricas serem opostas. Hoje, a física sabe: toda partícula tem sua antipartícula. Na época, no entanto, aceitar a existência de um elétron positivo não foi discussão calma.

A antimatéria que brotou da mente de Dirac se mostrou realidade quatro anos mais tarde. Hoje, um dos temas candentes da física é: por que a matéria preponderou sobre a antimatéria na criação do universo?

Quadro psiquiátrico

O ponto alto do livro (e, talvez, o mais corajoso) é Farmelo esboçar Dirac como portador da síndrome de Asperger, tipo de

autismo leve. Os argumentos do autor são convincentes, e o leitor fica fortemente desconfiado de que tamanhas esquisitices só poderiam ter raízes cravadas em um quadro psiquiátrico.

Quando o irmão de Dirac se matou – talvez, em resposta a um quadro mental de depressão, fermentado pela chantagem emocional da mãe e pela mão pesada do pai no destino dos filhos –, o físico estranhou o fato de a perda de um filho causar tamanha dor nos pais. Além de lacônico até a fronteira da antipatia, Dirac era conhecido por interpretar literalmente as frases ditas a ele. Ele parecia demonstrar (alguma) afeição apenas com os mais chegados – com esses, apesar de lacônico, era sempre amigo fiel.

O físico se casou em 1937 com Margit Wigner, irmã do físico e matemático húngaro Eugene Wigner. Com Mandi, como também era conhecida, teve duas filhas. O Dirac de Farmelo é alguém que olhava para família, colegas e mesmo mulher e filhos com profunda indiferença, uma insensibilidade emocional patológica.

Três tópicos, porém, despertavam a atenção de Dirac e, com sorte, o fariam expelir meia dúzia de fonemas – e, com mais sorte ainda, uma expressão algo diferente de um rosto desértico em emoções:

1. Cher. Os programas dessa cantora norte-americana aos domingos à noite eram o ponto alto da semana para aquele físico magro, relativamente alto, de movimentos lentos, entradas profundas. Quando uma dessas apresentações coincidiu com a cerimônia do Oscar – da qual sua mulher não abriria mão –, o casal, depois de alguma tensão, decidiu comprar um segundo aparelho de TV – na época, bem longe dos preços acessíveis de hoje;

2. Mickey Mouse. O camundongo tinha poder suficiente para fazer Dirac largar o trabalho (uma de suas obsessões) e passar a tarde em uma sessão especial de cinema;

3. Valsas de Chopin. Aqui, bem, nada de esquisito.

Depois da Segunda Guerra, Dirac – mesmo alertado por colegas – saiu dos trilhos da física. Algo quase impensável para alguém que era referência em mecânica quântica até mesmo para Einstein – “Onde está meu [livro do] Dirac?”, costumava pedir o físico de

origem alemã. Por sinal, assim como Einstein, teve dificuldades para entender os desígnios da estrutura teórica que criou. Como já foi dito, era o criador estranhando a criatura, esta agora domada por gerações mais jovens e impertinentes de físicos.

O livro de Farmelo é tremendamente saboroso. Volumoso, com acesso a documentação inédita, suas 539 páginas dão à obra exatos 4 cm de altura. É leitura fluida e bem escrita.

Alerta: não é livro para conhecer a obra de Dirac; ou seja, passa longe das chamadas biografias intelectuais – e que Farmelo seja abençoado por essa escolha. Se o leitor quer se enveredar por aí, sugere-se *Dirac – a scientific biography*, do competente historiador da física dinamarquês Helge Kragh. Obra de respeito, mas para pouquíssimos, mesmo para os cevados nas artes dos números e símbolos abstratos.

Farmelo fez quase um livro sobre estranhezas da mente – que, mesmo assim (ou necessariamente assim), é notável. Nesse aspecto, lembra *Uma mente brilhante*, da jornalista Sylvia Nasar. A diferença é que Dirac nunca teve, como John Nash Jr., que engolir psicotrópicos pesados para levar seu dia a dia.

Mas, por enquanto, a melhor definição desse excelente livro de Farmelo fica por conta de nossas editoras: aquele que ainda não foi traduzido para o português. O mercado editorial brasileiro já comeu várias moscas. Mas manter *The Strangest Man* inédito é falta indesculpável.

[Uma versão deste texto foi publicada na revista *Ciência Hoje,* do Instituto Ciência Hoje, n. 207, agosto de 2004]

BERLIM, DÉCADA DE 1920

Uma cidade maior que Einstein

Em geral, livros sobre o físico de origem alemã Albert Einstein (1879-1955) chegam a ser sufocantes de tão centrados na personagem central. Nada mais normal quando se escreve sobre o homem que foi eleito 'a' personalidade do século passado pela revista *Time* e que, a partir de 1919, quando sua teoria da relatividade geral foi comprovada historicamente, passa a ser, pelos próximos 36 anos, perseguido com voracidade pela imprensa.

Assim, ao se ler suas biografias, a impressão que se tem é que a vida e obra do protagonista, pela riqueza de conteúdo, não dei-

Desempregados em Berlim, 1920
Crédito: Seiler / Wikimedia Commons

xa quase espaço para o pano de fundo, para o contexto histórico. E, assim, a espessura das biografias acaba sendo gasta para tentar explicar ao leitor dezenas de trabalhos científicos – Einstein produziu cerca de 300 ao todo –, bem como suas incontáveis incursões fora da arena científica.

Porém, Thomas Levenson parece ter optado por um viés diferente.

Em seu livro, Einstein é quase mais uma personagem – a principal, obviamente. Fica, então, a impressão – e isso é interessante – de que o foco está em outros elementos que, ao longo da obra, tornam-se maiores que o 'biografado'. A saber: Berlim em seu auge; a desastrosa Primeira Guerra Mundial; as crises financeiras, a fome e a inflação que se seguiram com a humilhante derrota alemã; os inovadores movimentos culturais da cidade; e, finalmente, a horripilante ascensão do nazismo.

Não bastasse isso, Einstein tem que enfrentar a concorrência de outras celebridades das ciências, das artes e da política. Por exemplo: Planck, Freud, Grosz e Hitler.

Levenson impressiona no quesito detalhes e pesquisa histórica – basta uma passada de olhos na parte de notas, ao final. Também foi feliz na escolha do chamado corte histórico. Fica a dúvida se percebeu aí um filão, pois, por algum motivo estranho a este resenhista, o período berlinense de Einstein, de 1914 a 1932, nunca foi tratado com muito afinco pelos biógrafos. Talvez, pelo fato de implicar um mergulho profundo em uma Berlim tumultuada, que, por sinal, se transformou em um tipo de capital mundial das fantasias sexuais na década de 1920.

Fica, assim, um aviso ao leitor incauto que queira se refestelar com uma biografia detalhada de Einstein. Ou com um relato intricado de sua obra científica. É improvável que, ao ler *Einstein em Berlim*, ele vá se decepcionar com esses dois itens, mas esse não parece ser o alvo de Levenson, um documentarista que escreve com impressionante desenvoltura, o que torna a leitura fluida e agradável.

Em resumo: Einstein é 'apenas' a principal personagem. Berlim está (de certa forma, merecidamente) bem maior que o maior

cientista do século passado ou, para alguns, de todos os tempos.

Poucos detalhes devem ser corrigidos para a segunda edição. Eis alguns: a segunda mulher de Einstein, Elsa – que, por sinal, não veio à América Latina em 1925 (p. 369) – só teve duas filhas e não três (p. 37); Hans Albert, o primeiro filho de Einstein, tinha 10 anos de idade em 1914, e não 12 (p. 17).

Quem disser que são picuinhas acertará. Não chegam nem a arranhar um trabalho de tamanho brilho.

[Uma versão deste texto foi publicada em *Mais!*, da *Folha de S. Paulo* (26/02/95)]

ESCRITOS DE EINSTEIN

Profecias da maturidade

O instrumento científico mais preciso deste século tinha a forma de um cilindro, com cerca de 13 cm de altura e 1,5 cm de espessura. Da caneta tinteiro de Albert Einstein saíram os símbolos e as palavras que mudaram os destinos deste final de milênio. Não é por menos que o escritor irlandês George Bernard Shaw (1856-1950) o classificou como um dos oito criadores de universos da história, ao lado de Pitágoras, Aristóteles, Ptolomeu, Copérnico, Kepler, Galileu e Newton.

Escritos da Maturidade é a história contada por quem a transformou. Traz um Einstein contundente, reformulador do microuniverso atômico, da Terra e do universo. Sua caneta tinteiro

Albert Einstein nos anos em Berlim

Crédito: Wikimedia Commons

arquitetou um mundo melhor, mas não sem deixar escapar certo pessimismo por tudo que viu: Segunda Guerra, massacre do povo judeu, bombas nucleares, Guerra Fria, racismo e perda das liberdades civis nos EUA (macartismo) e na URSS (regime totalitário).

Para ele, o futuro estaria ameaçado, entre outras coisas, pelo nacionalismo e pelo perigo de uma guerra nuclear devastadora [neste 2015, soa extremamente atual]. Isso talvez explique a busca quase obsessiva das bases para um governo supranacional que zelasse pela segurança e liberdade das nações. À primeira leitura (e descontextualizadas), algumas ideias propostas podem soar ingênuas.

Segundo Abraham Pais, em *Einstein lived here* (Einstein viveu aqui; Oxford University Press, 1994), seu amigo podia até parecer uma criança em certos momentos, mas ingênuo nunca. Prova disso é que Einstein foi visionário em certas passagens, prevendo um mundo cheio de ogivas nucleares, os perigos do nacionalismo exacerbado, o fracasso da ONU para resolver questões internacionais etc. Todos males das últimas décadas do século [e do início deste, vale acrescentar]

O segundo capítulo do livro (Ciência) é obrigatório para estudantes de física, matemática e química – fica a recomendação para os demais.

Ali, está a base filosófica que transformou a mecânica (área da física) e ergueu a mecânica quântica (teoria que lida com o mundo atômico). 'Física e realidade' (texto 13) é indispensável para entender os argumentos de Einstein ao discutir teoria quântica com o célebre físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962). Juntos promoveram um dos maiores debates filosóficos do século.

Mesmo que Einstein tente vulgarizar conceitos e teorias nesta segunda parte, o resultado final é mesmo só para iniciados. Aos aficionados – que vão se aventurar de qualquer modo – sugere-se o texto 11 (um tipo de 'como chegar a $E = mc^2$') e o seguinte, sobre a teoria da relatividade restrita, escrito para o *The Times*.

O resto do livro é o depoimento de quem transformou a história. Guerra atômica ou paz (31) é uma análise soberba do início da Guerra Fria.

A franqueza de Einstein lhe rendeu críticas de comunistas e capitalistas. Para esses últimos, era 'o socialista-padrão'; para os comunistas, o agente do capital internacional. "Os enganos do Dr. Einstein", assinado por quatro famosos cientistas da ex-URSS, ataca a proposta de um governo supranacional. Einstein responde com delicadeza, mas cutuca feridas do então regime soviético.

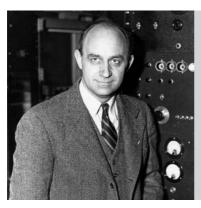
Ao término de *Escritos da Maturidade*, percebe-se que valem para Einstein as palavras que ele escreveu na morte do amigo e físico francês Paul Langevin (1872-1946), inventor do sonar: "Seu desejo de promover uma vida mais feliz para todos os homens talvez fosse ainda mais forte que seu anseio pelo puro entendimento intelectual. Foi por isso que dedicou muito de seu tempo e energia vital ao esclarecimento político".

[Uma versão deste texto foi publicada em *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 2, p. 480-485, agosto de 2014]

Fermi

E a formação dos físicos no Brasil*

Restringir esta resenha apenas à análise da recém-lançada biografia do físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) seria limitar – e, portanto, empobrecer – o contexto da iniciativa da coleção de biografias, publicadas pela Editora Livraria da Física (São Paulo) e assinadas por José Maria Filardo Bassalo, pesquisador aposentado da Universidade Federal do Pará, e Francisco Caruso, pesquisador da Universidade do Estado do Rio de Janeiro e do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

Para a contextualização da coleção, será preciso fazer aqui uma digressão que será desnecessária para alguns, longa para

Enrico Fermi
Crédito: Wikimedia Commons

outros e incômoda para a maioria. A ela, portanto: o(a) leitor(a) conceberia um maestro de uma orquestra sinfônica renomada que nunca tenha ouvido e estudado Bach, Beethoven ou Mozart? Ou um pintor célebre que nunca tenha visualizado e observado detalhadamente um Picasso, Rembrandt ou da Vinci?

Certamente, improvável.

No entanto, vem, agora, uma pergunta (para muitos) inconveniente: por que há muitos físicos – no caso, o adjetivo 'muitos' é um eufemismo para 'a maioria' – que nunca leram um original, por exemplo, de Einstein, Bohr, Dirac, Heisenberg, Schrödinger, Feynman, entre outros 'clássicos'? Não é difícil perceber que a falta desse conhecimento histórico – se crônica, mesmo entre pesquisadores experientes – é aguda entre jovens pós-graduandos e recém-doutores.

Talvez, possa-se optar por uma resposta simples para a pergunta do parágrafo anterior: é possível ser um bom pesquisador na área de física (de ciências, na verdade) sem que se tenha um mínimo de conhecimento histórico do campo em que se atua.

Achamos, assim, inconcebível que artistas, escritores e músicos não conheçam (bem) as obras dos mestres que os antecederam. Mas consideramos normal que um recém-doutor em física nem mesmo tenha lido os cinco artigos publicados por Einstein em 1905 – que, não por acaso, é denominado Ano Miraculoso da Física.

Para dar riqueza ao debate, vale aqui apresentar outra resposta (talvez, incômoda) sobre o porquê dessa estranha assimetria na formação entre profissionais de ciência e os de outras culturas: formamos 'técnicos' (aspas necessárias) com PhD e não físicos (matemáticos, químicos, biólogos etc.) no sentido amplo [Em tempo: esse diagnóstico, relatado a este signatário há alguns anos em uma conversa informal, foi feito por um físico com bom conhecimento em história da ciência].

A assimetria torna-se ainda mais aguda se considerarmos que, para o historiador marxista Eric Hobsbawm (1917-2012), a ciência foi a cultura mais importante (e influente) do século passado – bas-

ta olhar o papel dela (para o bem e para o mal) nas duas guerras mundiais, que, sem dúvida, moldaram o mundo contemporâneo.

Essa ausência de conhecimento histórico na formação de doutores em ciência seria resultado de uma visão pragmática? Ou seja, formá-los logo para que passem a produzir mais cedo e, portanto, sejam mais produtivos? Ou teria a ver com uma das (várias) arrogâncias de cientistas em relação às humanidades, isto é, seria um tipo de efeito colateral invertido (e perverso) do que foi exposto, em 1959, pelo físico e escritor britânico C. P. Snow (1905-1980), em sua palestra 'As duas culturas?'

Seja qual for a resposta (ou respostas), o fato é que, no Brasil, pelo menos, dá-se ao estudante de física apenas uma das pernas de apoio dessa disciplina – e não é difícil ver que, desse modo, o equilíbrio é instável. Para que essa cultura se mantenha em pé, seria preciso oferecer àquele jovem (de graduação ou pós) os outros dois apoios intrínsecos à (e indissociáveis da) física: sua história e sua filosofia.

Poderiam perguntar os mais (ou os tais) pragmáticos: para quê? Afinal, isso os tornaria melhores físicos (matemáticos, biólogos, químicos etc.)? Novamente, a resposta é difícil, até porque uma formação assim nunca foi prioridade no Brasil. E um dos motivos (talvez, o principal) é que grande parte dos professores/orientadores não tem essa formação ampla em física – ou seja, falta-lhes a porção humanística da cultura que denominamos física. Portanto, o cenário ideal (porém, muitíssimo improvável) seria o seguinte: institutos, centros e departamentos terem historiadores da ciência e filósofos da ciência – um de cada já seria suficiente – para não só fazerem pesquisa e publicarem em suas respectivas áreas, mas também para prover os graduandos e pós-graduandos com tal cultura humanística.

Em meio a tantas dúvidas e perguntas aparentemente sem respostas, parece haver, pelo menos, uma certeza: uma formação ampla expandiria o cabedal de cultura dos estudantes, dando a eles uma visão mais ampla e rica do mundo. E isso, convenhamos, mal algum faria a esses jovens. Pelo contrário, como fica patente nas

(sábias) palavras do físico britânico Freeman Dyson – que, por sinal, tem formação cultural ampla e sólida: "Ciência é apenas uma pequena parte da capacidade humana. Obtemos conhecimento de nosso lugar no universo não só da ciência, mas também da história, da arte e da literatura." ('Science on the rampage', *New York Review of Books*, 5 de abril de 2012).

É justamente nesse sentido que a coleção de biografias lançada por Bassalo e Caruso é um passo louvável: mostrar aos estudantes de exatas – e, claro, aos pesquisadores já calejados pela vida de laboratório ou pelas folhas de papel em branco – que eles pisam sobre história; que ciência é um empreendimento coletivo; que, se alguns poucos se destacam nessa cultura, é porque – para usar a bela frase atribuída a Newton – "apoiaram-se no ombro de gigantes"; que os frutos colhidos hoje foram semeados por gerações passadas.

Outro mérito da coleção: sua brevidade – afinal, isso é bem conveniente em tempos em que a enxurrada de informação disponível faz faltar tempo aos que buscam cultura de forma sistematizada.

Fermi tem 12 capítulos curtos e um de sugestão de leituras complementares. O formato de livro de bolso é igualmente apropriado – é prazeroso carregar consigo um livreto e poder lê-lo em qualquer lugar. O livro (e também os outros títulos) não escondem as fórmulas; portanto, são para iniciados no instrumental matemático.

Fermi também merece aqui uma contextualização igualmente ampla. A segmentação da ciência depois da Segunda Guerra enfatizou a figura do especialista. Assim, nos anos seguintes ao conflito, poderíamos classificar – ainda que grosseiramente – os físicos em três grandes grupos: teóricos, experimentais e construtores de máquinas (principalmente, aceleradores de partículas), como aponta o norte-americano Peter Galison, em seu soberbo (e indispensável) *Image & Logic* (Imagem & Lógica; University of Chicago Press, 1997).

Fermi é dito o último dos grandes teóricos e experimentais – a afirmação, do ponto de vista da história da ciência, não faz sen-

tido, mas dá algum entendimento do alcance dos trabalhos desse cientista. Sua obra, nessas duas modalidades de fazer física, sem dúvida, impressiona. Aprendemos na biografia que seu espectro de interesses foi tão amplo que se interessou até pela existência (ou não) de extraterrestres – esse tema era efervescente na década de 1950 e na seguinte, e pesquisadores igualmente gabaritados se dedicaram a ele.

Fermi é produto do período entre as duas guerra mundiais – portanto, anterior àquela especialização. E um ponto fora da curva em um ambiente (no caso, Itália) em que a física era pouquíssimo desenvolvida quando comparada a países como Alemanha, França e Reino Unido. Sua formação, aprendemos também no livro, foi a de um autodidata, com enorme pendor para a matemática e as ciências em geral.

Como apontam Bassalo e Caruso, Fermi destacou-se desde os bancos escolares: foi aluno brilhante, e suas potencialidades foram logo reconhecidas por seus professores.

No prefácio, Henrique Fleming, pesquisador aposentado do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, destaca uma das características marcantes do modo com que o italiano fazia sua física: simplicidade. Dada a magnitude da obra, tal receita chega a soar paradoxal. Essa simplicidade o qualificou como um grande divulgador da ciência e, nos ensina a biografia em questão, como, talvez, o único Nobel de Física com um livro voltado a alunos do ensino médio – por sinal, Caruso e Adílio Jorge Marques, do Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior, publicaram artigo na revista *Estudos Avançados,* da USP (v. 28, n. 82, 2014) sobre a passagem de Fermi pelo Brasil, com ênfase na cobertura da imprensa dedicada ao físico.

Fermi produziu a chamada estatística quântica – hoje, denominada estatística de Fermi-Dirac – para uma classe de partículas denominada, em sua homenagem, férmions (dotados de *spin* fracionário). Entre tantos outros trabalhos importantes, dele é também a belíssima teoria do decaimento beta, processo no qual um nêutron se transforma num próton, num elétron e num an-

tineutrino. Feita em 1934, essa teoria ainda é válida em seu 80º aniversário.

Porém, Fermi sempre será lembrado pela obtenção da primeira pilha atômica, ou seja, a obtenção da fissão nuclear em regime controlado – voltaremos ao tema.

Fica aqui a sugestão à editora de preparar versões digitais da coleção – certamente, isso tornaria os títulos mais atrativos para uma geração de estudantes e cientistas acostumada a telas e que começa a ver no papel alguma estranheza. Sem contar o fato de que os custos de produção certamente fariam cair o preço dos exemplares. Outra sugestão: um sumário, no início ou ao final, para facilitar a navegação do leitor.

O físico norte-americano Steven Weinberg, em artigo para a revista *Nature* (27/11/2003), oferece, aos mais jovens, quatro regras de ouro para uma carreira em ciência. A última dela nos interessa aqui: "Finalmente, aprenda algo sobre a história da ciência ou, no mínimo, sobre a história de sua própria área de pesquisa". Com isso, segue ele, "você pode ter grande satisfação ao reconhecer que seu próprio trabalho em ciência é parte da história".

Mas o que parece ser o ponto central do argumento de Weinberg é o seguinte: a história da ciência permite perceber as implicações culturais dos resultados científicos. E, nesse aspecto, ele cita um caso emblemático: a descoberta da natureza da radioatividade pelo físico de origem neozelandesa Ernest Rutherford (1871-1937), Nobel de Química de 1908, e pelo químico britânico Frederick Soddy (1877-1956), também Nobel de Química (1921). Essa descoberta levou à chamada transmutação nuclear: ao emitir radiação, um elemento químico se transforma em outro.

Se ficarmos apenas com os detalhes técnicos da radioatividade e da teoria da transmutação – como, em geral, é ensinado para os alunos de exatas –, perdemos a imensa riqueza das implicações (científicas, sociais e religiosas) à época dessas ideias: i) a possibilidade de calcular com precisão as idades da Terra e do Sol e, assim, derrubar argumentos de paleontólogos e geólogos contra os bilhões de anos de existência desses corpos; ii) facilitar o cami-

nho para aceitação da evolução pela seleção natural; iii) fazer com que católicos e judeus tivessem que abrir mão do sentido literal da Bíblia.

Caso semelhante poderia ser aplicado a Fermi: estudar, com pormenores, a primeira pilha atômica e descrevê-la pela perspectiva apenas do processo científico da fissão nuclear. Deixaríamos de ver que esse feito, capitaneado por Fermi, está na origem da construção da bomba atômica e da energia nuclear para fins pacíficos, cujas consequências sociais, políticas e econômicas moldaram a sociedade desde aquele 2 de dezembro de 1942.

Com sua pilha atômica, Fermi teve papel importante num cenário que se esboçou depois da Segunda Guerra e que o historiador russo da física – no belo *Stalin's Great Science* (World Scientific, 2004) – denomina "metafísica da Guerra Fria": governos de vários países (inclusive, do Brasil) passam a perceber que poder (político e econômico) depende do conhecimento.

Os resultados teóricos e experimentais de Fermi – sem dúvida, um dos maiores físicos do século passado – ajudaram a moldar um novo mundo. E devemos saudar a iniciativa de Bassalo e Caruso em dar a chance aos mais jovens de conhecer detalhes de como se deu essa transformação.